BRANDENBURGISCHE
UMWELT
BERICHTE

15

Axel Bronstert (Hrsg.)

Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder

Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“

Schriftenreihe der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

Potsdam im September 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Redaktion:	Prof. Dr. Ingo Schneider, Dr. Matthias Kühling
Herausgeber:	Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Potsdam
Druck:	Audiovisuelles Zentrum der Universität Potsdam
Vertrieb:	Universitätsverlag Potsdam Postfach 60 15 53 14415 Potsdam Fon +49 (0) 331 977 4517 / Fax 4625 e-mail: ubpub@rz.uni-potsdam.de http://info.ub.uni-potsdam.de/verlag.htm

Die **B**randenburgischen **U**mwelt **B**erichte
sind eine von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam herausgegebene Schriftenreihe. Sie erscheint unregelmäßig.

Hergestellt auf Umweltpapier

ISBN 3-935024-73-8
ISSN 1434-2375

Kurzfassung

Die extremen Hochwasserereignisse an der Oder (Juli 1997) und Elbe (August 2002) haben erneut gezeigt, welch enorme Risiken für Leben und Sachgüter von Überschwemmungen ausgehen können. Eine wichtige Maßnahme im Rahmen eines Hochwasserrisikomanagements stellt die gezielte Flutung von Polderflächen zur Minderung des Hochwasserrisikos von stromab gelegenen Gebieten mit hohem Schadenpotential dar. So wurde durch die Flutung der Polder an der Unteren Havel während des Elbhochwassers 2002 der Hochwasserscheitel erfolgreich verringert, wodurch die Verteidigung der stromab gelegenen Deiche unterstützt und die Überschwemmungsgefahr u. a. für die Stadt Wittenberge reduziert wurde. Dies stellt den Hintergrund des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder" dar, das in enger Kooperation zwischen Universität, den Landesämtern für Landwirtschaft und Umwelt und Ingenieurbüros bearbeitet wurde. Untersuchungsgebiete waren die Neuzeller Niederung an der Oder und die Polder an der Unteren Havel, deren Nutzung als Flutpolder geprüft bzw. optimiert werden sollte.

Wesentliche Projektziele waren

- die Beschreibung der Dynamik des Füllungs- und Entleerungsvorganges der Polder für definierte Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen,
- die nach den Schadenkategorien Landwirtschaft, Infrastruktur und Siedlung differenzierte Ermittlung der wirtschaftlichen Schäden im Falle der Flutung ebenso wie die Bewertung von Nutzen und Schaden einer Flutung aus naturschutzfachlicher Sicht,
- die ökonomische Beurteilung der Polderflutung im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse und
- die multi-kriterielle Bewertung der Nutzung von Flutpoldern als Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Studie lag auf der Untersuchung von Extremhochwassern. Dazu wurden für beide Gebiete jeweils ausgewählte Hochwasserszenarios und Flutungsvarianten betrachtet. An der Oder erfolgte die Untersuchung eines dem Hochwasser von 1997 entsprechenden Szenarios mit zwei verschiedenen Varianten der Deichführung sowohl für eine gesteuerte als auch eine ungesteuerte Flutung der Neuzeller Niederung. Für die Havelniederung wurden ein Szenario entsprechend dem Hochwasser vom Sommer 2002 und ein noch stärkeres Hochwasserszenario betrachtet. Für das letztere erfolgte eine Untergliederung in eine gesteuerte und eine ungesteuerte Flutung.

Zusätzlich zur Betrachtung von Extremhochwassern wurden so genannte „Ökologische Flutungen" in die Untersuchung aufgenommen. Im Sinne dieses Forschungsprojektes bezeichnen sie häufige bereits bei kleineren Hochwassern durchgeführte gesteuerte Flutungen der Polderflächen. Für extreme Hochwasserereignisse ist dann aber unbedingt eine gesteuerte Flutung zur zielgerichteten Scheitelreduzierung erforderlich, d.h. der Polder darf nur zur Reduktion des Scheitelabflusses gefüllt und muss vorher im Wesentlichen freigehalten werden. „Ökologische Flutungen" ermöglichen die Entwicklung von an Überflutung angepassten Biozönosen, so dass im Falle eines Extremhochwassers potentiell geringere ökologische Schäden zu erwarten sind.

Die Wirtschaftlichkeit der Poldernutzung für den Hochwasserschutz wurde im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse unter Einbeziehung der monetarisierbaren Aspekte untersucht. Für die Nutzung der Havelpolder als Hochwasserrückhalteraum wurde eine hohe Wirtschaftlichkeit ermittelt, die v. a. auf ein sehr großes Flutungsvolumen bei gleichzeitig sehr geringen Investitionen infolge bereits vorhandener Deichanlagen zurückzuführen ist. Dagegen weist die Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder trotz beachtlicher Scheitelreduzierungen für Frankfurt (Oder) eine relativ geringe Wirtschaftlichkeit auf. Dies ist v. a. auf das vergleichsweise kleine Flutungsvolumen und die Notwendigkeit hoher Investitionen zurückzuführen.

Da im Rahmen des Projektes nicht alle Nutzen- und Kostenpositionen monetarisiert werden konnten, ist die Nutzen-Kosten-Analyse als alleiniges Beurteilungskriterium ungeeignet. Daher wurde die Nutzung von Flutpoldern aus unterschiedlichen Sichtweisen – Hochwasserschutz, Ökologie, landwirtschaftliche Nutzung und Ökonomie – untersucht und in einer multi-kriteriellen Bewertung zusammengeführt, die der Entscheidungsunterstützung dienen soll. So kann die Nutzung eines Flutpolders trotz geringer Nutzen-

Kosten-Relation durch Argumente des Natur- und Umweltschutzes, des Tourismus oder der politischen Signalwirkung legitimieren werden.

Im Ergebnis des Projektes wurden Grundlagen erarbeitet, die eine Bewertung der Nutzung von Flutpoldern unter Beachtung verschiedener Interessen ermöglichen. Neben dem ökonomischen Aspekt erfolgte auch eine eingehende Darstellung der Sichtweisen des Hochwasserschutzes, der Ökologie und der Landwirtschaft. Damit wurde ein wesentlicher Beitrag zur Vervollkommnung und Aktualisierung des Bewertungsinstrumentariums geleistet. Die Ergebnisse sollen in Form von Handlungsoptionen den zuständigen öffentlichen Dienststellen, insbesondere den Umweltämtern der Länder und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig wurde der aktuelle Bedarf an einer wissenschaftlichen und technischen Weiterentwicklung der Methoden aufgezeigt.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung ... III
Inhaltsverzeichnis ... V

1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen ... 1

A. Bronstert, S. Förster, W. Sauer

1.1 Einführung und Zielstellung ... 1
1.2 Untersuchungsgebiete ... 2
1.3 Inhaltliche Projektkonzeption ... 3
1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand ... 6
1.5 Planung, Ablauf und Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens ... 8
1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen ... 8

2 Analyse der Überflutungssituation in den Havelpoldern zum Elbehochwasser 2002 ... 9

S. Förster, D. Kneis

2.1 Das Elbehochwasser im Sommer 2002 ... 9
2.2 Datenerhebung zur Rekonstruktion von Wasserständen und Überflutungsflächen ... 11
2.3 Ereignisse und Maßnahmen in der Unteren Havelniederung während des Elbehochwassers 2002 ... 12

3 Simulation der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung für verschiedene Hochwasserszenarios zur Ermittlung der Flächenbetroffenheiten ... 20

S. Förster, D. Kneis, J. Martin, W. Sauer

3.1 Methodische Ansätze ... 20
3.1.1 Digitales Geländemodell und Volumenanalysen ... 20
3.1.1.1 Verbesserung des bestehenden Geländemodells mittels GPS und Nivellement (Untere Havelniederung) ... 20
3.1.1.2 Digitales Geländemodell auf Basis einer Laserscan-Befliegung (Neuzeller Niederung) ... 22
3.1.1.3 Ableitung von Wasserstands-Volumen-Beziehungen ... 23
3.1.2 Ermittlung der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung ... 23
3.1.2.1 Gekoppelte Speicher Modell (Untere Havelniederung) ... 23
3.1.2.2 Zeitabhängige Bilanzierung der Zu- und Abflüsse (Neuzeller Niederung) ... 31
3.1.2.3 Erweiterung des Hydrodynamischen Modells WAVOS (Neuzeller Niederung) ... 32
3.1.3 Erhebung der Flächenbetroffenheit ... 33
3.2 Untere Havelniederung ... 34
3.2.1 Betrachtete Hochwasser- und Flutungsszenarios ... 34
3.2.1.1 Hochwasser- und Flutungsszenarios ... 34
3.2.1.2 Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios (HSZ-H 2) ... 35
3.2.1.3 Begriff der gesteuerten und ungesteuerten Flutung für die Untere Havelniederung ... 46
3.2.1.4 Retentionsvolumina und Wasserstands-Volumen-Beziehungen ... 48
3.2.2 Abfluss- und Wasserstandsentwicklung ... 49
3.2.2.1 Hochwasserereignis 2002 (HSZ-H 1) ... 49
3.2.2.2 Extrem-Hochwasserereignis (HSZ-H 2) ... 50

3.2.2.3 Hochwasserereignisse mit veränderten Speicherkonfigurationen und Anfangsbedingungen 51
3.2.3 Erhebung der Flächenbetroffenheit 53
3.2.3.1 Hochwasserereignis 2002 (HSZ-H 1) 54
3.2.3.2 Extrem-Hochwasserereignis (HSZ-H 2) 54
3.2.3.3 „Ökologische Flutung“ (HSZ-H 3) 55
3.3 Neuzeller Niederung 55
3.3.1 Hydrologische und morphologische Situation der Neuzeller Niederung 55
3.3.2 Betrachtete Hochwasser- und Flutungsszenarios 58
3.3.2.1 Hochwasser- und Flutungsszenarios 58
3.3.2.2 Varianten der Deichführung 59
3.3.2.3 Retentionsvolumina und Wasserstands-Volumen-Beziehungen 60
3.3.2.4 Bauwerksvarianten 61
3.3.3 Abfluss- und Wasserstandsentwicklung im Flutungsfall 63
3.3.3.1 Gesteuerte Flutung für HSZ-O 1 63
3.3.3.2 Ungesteuerte Flutung für HSZ-O 1 65
3.3.3.3 „Ökologische Flutungen“ 67
3.3.3.4 Entleerung der Niederung 69
3.3.4 Erhebung der Flächenbetroffenheit 72
3.3.4.1 Szenario Hochwasserganglinie 1997 (HSZ-O 1) 72
3.3.4.2 Szenario „Ökologische Flutung“ bei kleinen Hochwassern (HSZ-O 2 - HSZ-O 4) 73
3.3.5 Simulation der Wasserstandsentwicklung in der Oder im Flutungsfall 74
3.3.5.1 Hochwasser-Ganglinie 1997 (Szenario HSZ-O 1) 74
3.3.5.2 Modifizierte Hochwasser-Ganglinie 1997 (HSZ-O 1mod) 77
3.4 Fazit 79

4 Schadenpotentiale in Siedlung/Infrastruktur und Ökologie 82

H. Ellmann, B. Schulze

4.1 Methodik 82
4.1.1 Ökologische Risikoanalyse 82
4.1.1.1 Zum Risikobegriff der Ökologischen Risikoanalyse 82
4.1.1.2 Literaturauswertung zur Empfindlichkeit von Biotopen gegenüber Überschwemmung 83
4.1.1.3 Begriffsdefinitionen 87
4.1.1.4 Zustandseinschätzung des Schutzguts Biotop- und Nutzungstyp 88
4.1.1.5 Bestimmung der Empfindlichkeit der Biotope gegenüber Beeinträchtigungen 89
4.1.1.6 Einschätzung des Ökologischen Risikos 90
4.1.2 Potentielle Schäden in Siedlung und Infrastruktur 91
4.1.3 Schäden an Gebäuden und Bauwerken 92
4.2 Untere Havelniederung 94
4.2.1 Ergebnisse der Ökologische Risikoanalyse 94
4.2.2 Potenzielle Wiederherstellungskosten von Infrastruktur 101
4.2.2.1 Straßen und Wege 101
4.2.2.2 Gebäude und Anlagen 106
4.3 Neuzeller Niederung 107

4.3.1 Ergebnisse der Ökologische Risikoanalyse ... 107
4.3.2 Potenzielle Wiederherstellungskosten von Infrastruktur ... 109
4.3.2.1 Straßen und Wege ... 109
4.3.2.2 Gebäude und Anlagen ... 109
4.4 Diskussion ... 110
4.4.1 FFH-Relevanz ... 110
4.4.2 „Ökologische Flutung" ... 111
4.4.3 Ökologisches Risiko der einzelnen Flutungsszenarios ... 113
4.4.4 Auswirkung der Flutungen auf die Infrastruktur (Straßen/Wege) ... 115

5 Schadenpotentiale in der Landwirtschaft ... 117

G. Neubert, R. Thiel

5.1 Aufgabenstellung, Methodik ... 117
5.1.1 Aufgabenstellung ... 117
5.1.2 Grundlagen und Methodik der Schadenermittlung ... 117
5.1.3 Spezifizierung zeit- und nutzungsabhängiger Schäden ... 120
5.2 Ergebnisse Havelniederung ... 123
5.2.1 Hochwasser 2002 - Folgen für die Landwirtschaft ... 123
5.2.2 Nutzungssituation, Betroffenheit ... 125
5.2.3 Auswirkungen von Hochwasserereignissen und Flutungsoptionen ... 128
5.3 Neuzeller Niederung ... 133
5.3.1 Nutzungssituation, Betroffenheit ... 133
5.3.2 Auswirkungen von Hochwasserereignissen und Flutungsoptionen ... 134
5.4 Auswirkungen der Einstellung des Ackerbaues in den Poldern ... 136
5.5 Fazit ... 138

6 Schadenpotentialanalyse für die Unterlieger ... 141

M. Gocht

6.1 Schadenermittlung ... 141
6.2 Verfahren der Schadenermittlung ... 141
6.3 Flächenbezogene Schadenermittlung ... 142
6.3.1 Das Flächenkataster ... 142
6.3.2 Relative Schadenfunktionen ... 143
6.3.2.1 Schäden an Gebäuden ... 143
6.3.2.2 Schäden an Wohngebäuden ... 143
6.3.2.3 Gewerbe und Industrie sowie Handel und Dienstleistungen ... 144
6.3.2.4 Pauschal abgebildete Bereiche ... 145
6.3.3 Das Werteinventar ... 146
6.3.3.1 Schäden an Gebäuden ... 146
6.3.3.2 Schäden am Inventar ... 148
6.3.3.3 Schäden am Hausrat ... 148
6.4 Anwendung der flächenbezogenen Schadenberechnung ... 149
6.4.1 Wittenberge ... 149
6.4.1.1 Hydraulische Modellierung ... 149
6.4.1.2 Schadenberechung ... 152
6.4.2 Frankfurt (Oder) ... 154
6.4.2.1 Hydraulische Modellierung ... 154

6.4.2.2 Schadenberechnung ... 155
6.5 Anwendung der gebäudebezogenen Schadenermittlung ... 157
6.5.1 Slubice ... 157
6.5.1.1 Der Deich in Slubice ... 157
6.5.1.2 Hydrologie und Hydraulik ... 159
6.5.1.3 Überflutungsflächen und zugehörige Volumen ... 160
6.5.1.4 Schadenberechnung ... 162
6.6 Fazit ... 168

7 Ökonomische Betrachtung ... 169

7.1 Kostenbilanzierung Bauvarianten und Sprengung ... 169
H. Ellmann, W. Sauer

7.1.1 Untere Havelniederung ... 169
7.1.2 Neuzeller Niederung ... 171
7.2 Nutzen-Kosten-Analyse ... 173
M. Gocht

7.2.1 Einführung ... 173
7.2.1.1 Nutzen-Kosten-Analyse als Entscheidungsunterstützung ... 173
7.2.1.2 Kostenarten ... 173
7.2.1.3 Berücksichtigung von Kosten ... 174
7.2.1.4 Der Nutzen von Polderflutungen ... 175
7.2.2 Nutzung der Havelpolder als Flutpolder ... 175
7.2.2.1 Kostenarten in den Havelpoldern ... 175
7.2.2.2 Nutzen: verhinderte Schäden in Wittenberge ... 175
7.2.2.3 Nutzen-Kosten-Relationen für die Havelpolder ... 176
7.2.2.4 „Ökologische Flutungen“ ... 176
7.2.2.5 Sensitivität ... 177
7.2.3 Oder: Neuzeller Niederung ... 177
7.2.3.1 Kostenarten in der Neuzeller Niederung ... 177
7.2.3.2 Nutzen der Unterlieger in Frankfurt (Oder) und Slubice ... 177
7.2.3.3 Nutzen-Kosten-Relationen ... 178
7.2.3.4 „Ökologische Flutung“ der Neuzeller Niederung ... 180
7.2.3.5 Sensitivität ... 180
7.2.4 Zusammenfassung ... 181

8 Handlungsoptionen ... 182

M. Gocht, Mitarbeit von A. Bronstert, H. Ellmann, S. Förster, D. Kneis, J. Martin, G. Neubert, W. Sauer, B. Schulze, R. Thiel

8.1 Nutzung als Flutpolder ... 182
8.2 Flutungsbauwerke statt Deichsprengung ... 184
8.3 Landwirtschaftliche Nutzung in den Poldern ... 185
8.4 „Ökologische Flutung“ ... 186
8.5 Zusammenfassung ... 188
8.5.1 Havelpolder ... 189
8.5.2 Neuzeller Niederung ... 190

9 Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick 191

S. Förster, D. Kneis, J. Martin, W. Sauer

10 Anhang XI

Abkürzungen XI

Literatur XII

1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

A. Bronstert, S. Förster, W. Sauer

1.1 Einführung und Zielstellung

Die extremen Hochwasserereignisse im Juli/August 1997 an der Oder und im August 2002 an der Elbe und die mit ihnen verbundenen hohen Schäden machten eindrücklich deutlich, wie aktuell und dringend Fragen der Hochwasservorsorge, Schadenminimierung und öffentlichen Hochwasserrisikowahrnehmung sind.

Hochwasser und damit verbundene Überschwemmungen stellen Naturereignisse dar, die durch besondere meteorologische und hydrologische Bedingungen verursacht werden. Beiden Hochwasserereignissen an Oder und Elbe gingen extreme Niederschläge im jeweiligen Einzugsgebiet voraus.

Zur Hochwasserkatastrophe mit Todesopfern und immensen Schäden wird das Hochwasser erst durch die Ansiedlung von Menschen und die Schaffung von Sachwerten im hochwassergefährdeten Bereich. Beim Oderhochwasser 1997 waren über 100 Tote zu beklagen, und es entstand ein Gesamtschaden von über 3,5 Mrd. € (IKSO 1999). Das Elbehochwasser im August 2002 forderte 37 Todesopfer und verursachte insgesamt 21,1 Mrd. € Schäden (DKKV 2003).

Da die Flussauen seit jeher bevorzugte Siedlungsgebiete darstellen, wird der bestehenden Hochwassergefährdung durch Hochwasserschutzmaßnahmen begegnet. Hochwasserrisiko ergibt sich aus der Gefährdung (der Wahrscheinlichkeit und Intensität der Überschwemmung) und der Vulnerabilität (dem Wert und der Exposition materieller und immaterieller Güter) (DKKV 2003, NIEKAMP 2001). Das Hochwasserrisiko einer Region kann demnach durch eine Verringerung der Gefährdung, z.B. durch die Vergrößerung von Wasserretentionspotentialen, bzw. eine Verringerung der Vulnerabilität, z.B. durch eine Rücknahme von hochwertigen Nutzungen aus dem hochwassergefährdeten Bereich, reduziert werden (Abb. 1-1).

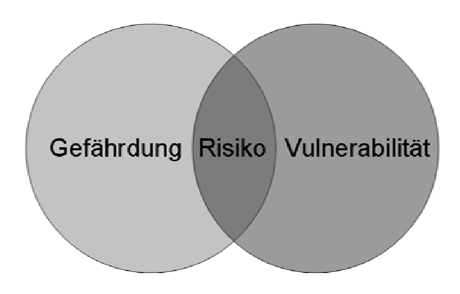


Abb. 1-1: Risikobegriff (nach DKKV 2003)

Bei der Risikominimierung sollte der Oberlieger-Unterlieger-Aspekt beachtet werden. Während durch Deichbrüche im oberstromigen Bereich für die dort betroffenen Flächen spezifische Schäden verursacht werden, können sie gleichzeitig das Ausmaß der Überschwemmungen flussabwärts reduzieren und damit Schäden im Unterliegerbereich vermeiden oder zumindest verringern. Sowohl beim Oderhochwasser 1997 als auch beim Elbehochwasser 2002 traten ungeplante Deichbrüche auf, die den Hochwasserscheitel verringerten. Für das Elbehochwasser 2002 wird die durch Deichbrüche allein in Deutschland verursachte Verminderung der Elbewelle mit mehr als 400 Mio. m³ angesetzt (BFG 2002). Neben den unbeabsichtigten Deichbrüchen bietet der Einsatz von Flutpoldern die Möglichkeit, die Kappung einer Hochwasserwelle geplant zum optimalen Zeitpunkt durchzuführen. Durch die gezielte Flutung der Polder im Bereich der Mündung der Havel in die Elbe konnte beispielsweise die Gefahr einer Überschwemmung der Stadt Wittenberge und umliegender Gebiete vermindert werden.

Die Nutzung von Flutpoldern zur Reduktion der Hochwasserscheitel von Extremhochwassern ist Untersuchungsgegenstand dieses Projektes, das eine inhaltliche Erweiterung des seit 2001 laufenden Vorhabens

„Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel" darstellt. Bei der Analyse der Nutzung der Polder an der Unteren Havel im Rahmen eines Hochwassermanagements haben Aspekte der Flächennutzung eine zentrale Stellung, die wiederum bei der Ausweisung von Managementoptionen für das Einzugsgebiet im Gesamtvorhaben zu berücksichtigen sind. Das Untersuchungsgebiet an der Unteren Havel nahe der Mündung in die Elbe stellt auch im Gesamtvorhaben eines der Fokusgebiete dar.

Das zweite Untersuchungsgebiet bildet die Neuzeller Niederung an der Oder. Die Betrachtung der Neuzeller Niederung in diesem Zusammenhang entspringt ebenso dem gegenwärtigem gesellschaftspolitischem Bedürfnis nach einem nachhaltigem Hochwasserschutz auch an der durch häufige größere Hochwasserereignisse gekennzeichneten Oder und stellt zudem eine sinnvolle Option dar, die Übertragbarkeit der an der Unteren Havel anzuwendenden Untersuchungsmethodik und Lösungsansätze auf andere Gebiete zu gewährleisten.

An einer Untersuchung der potentiellen Nutzung als Polder (Neuzeller Niederung) bzw. der Nutzungsoptimierung (Poldergebiet an Unterer Havel) besteht seitens der zuständigen Behörden dringendes Interesse.

Wesentliche Ziele des Projektes sind:

- Analyse der Überflutungssituation, Recherche der durchgeführten Maßnahmen sowie Erhebung der Schäden in den Havelpoldern während des Elbehochwassers 2002
- Analyse der Digitalen Geländemodelle der Flutpolder im Hinblick auf die Poldervolumina und flutungsrelevante Geländecharakteristika
- Erfassung der Flächennutzung der Polderflächen
- Beschreibung der Dynamik des Füllungs- und Entleerungsvorganges für definierte Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen
- Ermittlung der wirtschaftlichen Schäden im Falle der Flutung (differenziert nach verschiedenen Schadenkategorien)
- Bewertung von Nutzen und Schaden einer Flutung aus naturschutzfachlicher Sicht
- Beurteilung der Polderflutung nach Kriterien eines modernen Risikomanagements im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse
- Erarbeitung von Handlungsoptionen

1.2 Untersuchungsgebiete

In diesem Projekt stehen zwei Gebiete, die Neuzeller Niederung und die Untere Havelniederung (Abb. 1-2), im Vordergrund, deren Nutzung als Flutpolder im Rahmen eines Hochwasserrisikomanagements untersucht werden soll.

Untere Havelniederung

Das Untersuchungsgebiet an der Unteren Havel zwischen Hohennauen und der Mündung der Havel in die Elbe befindet sich an der Landesgrenze zwischen Brandenburg und Sachsen-Anhalt (Karte 1.1). Im Poldergebiet münden eine Reihe von Nebenflüssen in die Havel, wie die Neue und Alte Jäglitz, die Dosse, der Rhin, der Große Grenzgraben und der Große Havelländische Hauptkanal.

Das Niederungsgebiet an der Unteren Havel war als natürlicher Retentionsraum der Elbe vor den umfangreichen Eindeichungen und Wasserbaumaßnahmen von häufigen und lang anhaltenden Überschwemmungen geprägt. Mit der Besiedelung und landwirtschaftlichen Nutzung wurde das Gebiet schrittweise durch Deichbauten gegen Überschwemmungen geschützt, gleichzeitig aber der Elbe erhebliche Speicherräume entzogen.

Im Hochwasserfall kann die Elbe gegen die Havel und umgekehrt durch die 1936 gebauten Quitzöbeler Wehre verschlossen werden. Mit der 1956 abgeschlossenen Mündungsverlegung der Havel um ca. 7 km stromabwärts nach Gnevsdorf (Gnevsdorfer Vorfluter) verringerte sich die Höhe des Elbe-Rückstaus um ca. 1 m und wurde gleichzeitig eine höhere Vorflut für die Entleerung der Havelniederung geschaffen (KRANAWETTREISER 2002). Um dennoch im Bedarfsfall die Havelniederung fluten zu können, wurde

die Wehrgruppe Quitzöbel 1954 um das Einlasswehr Neuwerben ergänzt. Mitte der 1950er Jahre erfolgte beiderseits der Havel die Anlage von zehn Großpoldern, von denen vier Polder 1990 per Bezirkstagsbeschluss aus dem Flutungskonzept herausgenommen wurden (RAT DES BEZIRKES POTSDAM 1990).

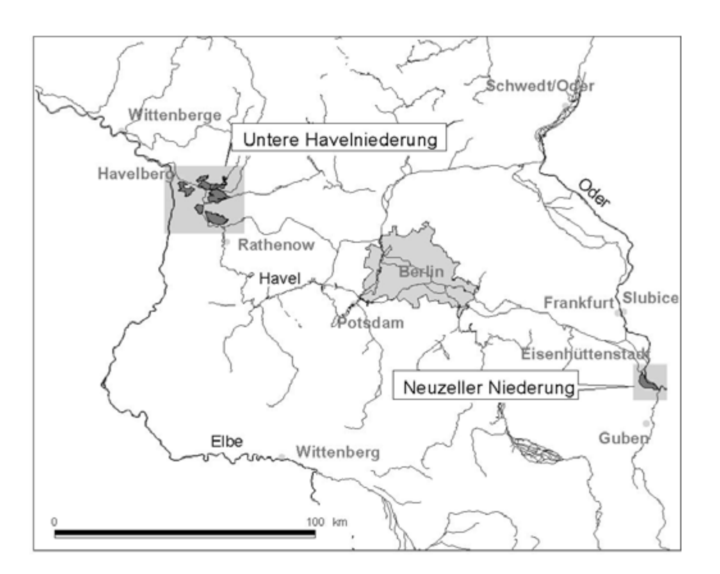


Abb. 1-2: Lage der Untersuchungsgebiete

Der maximal zulässige Wasserstand wurde auf 26,40 müNN bezogen auf den Pegel Havelberg festgelegt. Bei dieser Flutungshöhe besitzen die sechs Flutpolder ein Gesamtvolumen von 110 Mio. m³. Die Havelniederung einschließlich der Flut- und Sommerpolder und des Havelvorlandes kann ein Volumen von 250 Mio. m³ aufnehmen.

Die Untere Havelniederung besitzt eine lange Tradition im Naturschutz. Sie umfasst heute Gebiete mit nationalem (LSG, NSG, Naturpark) und europäischen (Biosphärenreservat, SPA- und FFH-Gebiete) Schutzstatus. Alle Polderflächen gehören dem Landschaftsschutzgebiet an, viele haben einen festgesetzten oder im Verfahren befindlichen Naturschutzgebietsstatus und sind als FFH-Vorschlagsgebiete ausgewiesen. Die Flächen westlich der Havel gehören zum Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, der brandenburgische Teil zum Naturpark „Westhavelland“.

Neuzeller Niederung

Die Neuzeller Niederung (Karte 1.2) befindet sich zwischen Ratzdorf und Eisenhüttenstadt am linken Ufer der Oder, ca. 35 Stromkilometer oberhalb von Frankfurt und ca. 190 Stromkilometer oberhalb der Mündung in das Stettiner Haff. Der nördliche Teil der Niederung weist zahlreiche Gebäude, Garten- und Sportanlagen auf, so dass eine Nutzungsumwandlung der gesamten Niederung problematisch wäre. Zurzeit befinden sich mehrere Deichführungsvarianten in der Diskussion, jedoch sollen im Rahmen dieser Studie lediglich zwei Optionen betrachtet werden.

Die Niederung wird zu ca. 56 % von Gras- und Staudenfluren, zu 28 % von Ackerland und zu über 10 % von Wald, Mooren und Gewässern bedeckt. Siedlungen bzw. Gebäude nehmen einen Anteil von etwa 6 % der Gesamtfläche ein. Im Untersuchungsgebiet befinden sich anteilig das NSG i. V. „Oder-Neiße“ sowie das LSG „Neuzeller Wiesenaue“.

1.3 Inhaltliche Projektkonzeption

Gesamtkonzeption

Abb. 1-3 veranschaulicht die inhaltliche Gesamtkonzeption des Projektes. Ausgangspunkt der Untersuchung stellt die Definition der zu betrachtenden Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen dar. Für

diese Szenarios sollen die in den Poldern bei deren Flutung aufgetretenen Schäden mit der Schadenminimierung im Bereich der Unterlieger aufgrund des verminderten Hochwasserscheitels in einer Nutzen-Kosten-Analyse verglichen werden.

Im Gebiet der Polderflächen werden zuerst mittels eines hydrodynamischen Ansatzes für die definierten Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen die Überstaudauer und –höhe der von der Flutung betroffenen Flächen in den Poldern ermittelt. Diese abgeleiteten Flächenbetroffenheiten gehen neben der Erhebung der räumlichen Verteilung der landwirtschaftlichen Nutzung, Infrastruktur und Biotopausstattung als Ausgangsinformation in die Schadenermittlung ein.

Im Bereich der Unterlieger dient die Abschätzung der Verminderung des Hochwasserscheitels aufgrund der Polderflutung zur Ermittlung der Schadenreduzierung. Abschließend sollen anhand der gewonnenen Erkenntnisse Handlungsoptionen für eine optimierte Nutzung der Polderflächen unter Beachtung der verschiedenen Interessen abgeleitet werden.

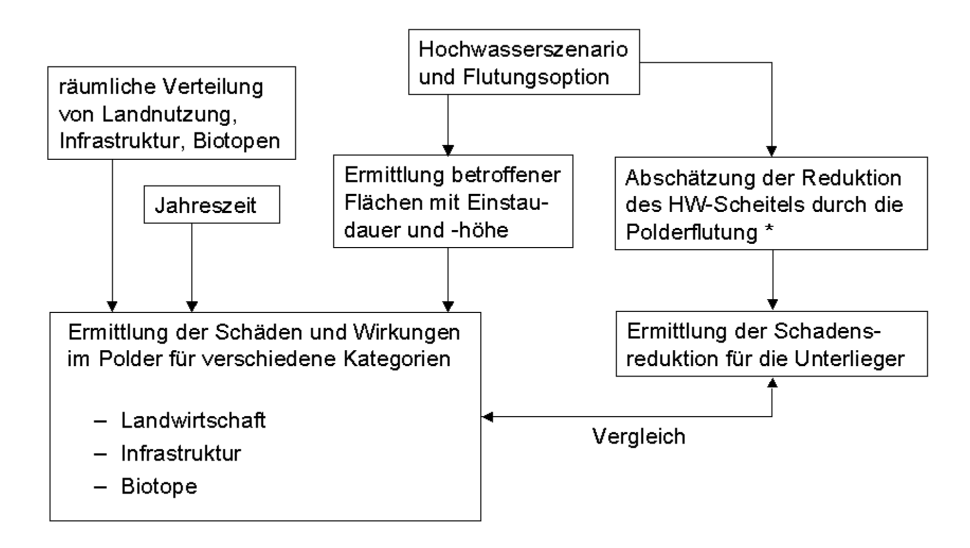


Abb. 1-3: Inhaltliches Gesamtkonzept

Aus der geschilderten inhaltlichen Gesamtkonzeption leitet sich die Gliederung des Projektes in einzelne Teilbereiche ab, die von Projektpartnern mit jeweiliger fachlicher Qualifikation bearbeitet wurden (Tab. 1-1).

Tab. 1-1: Übersicht Teilbereiche des Projektes und bearbeitende Projektpartner:

Teilbereich	Projektpartner
Analyse der Überflutungssituation in den Havelpoldern zum Elbehochwasser 2002	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
Simulation der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung für verschiedene Hochwasserszenarios zur Ermittlung der Flächenbetroffenheiten	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam Landesumweltamt Brandenburg (Projektbegleitung)
Schadenpotentiale in Siedlung/Infrastruktur und Ökologie	Ingenieurbüro Ellmann/Schulze GbR
Schadenpotentiale in der Landwirtschaft	Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg
Schadenpotentiale für die Unterlieger und Nutzen-Kosten-Analyse	Ingenieurbüro Water&Finance, Dipl.-Ing. M. Gocht, MBA

Definition der Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen

Ein zentraler Ausgangspunkt ist die Definition der zu untersuchenden repräsentativen Hochwasserszenarios, die wiederum durch ausgewählte Flutungsoptionen unterlegt werden.

In Abstimmung mit den zuständigen Wasserwirtschaftsbehörden erfolgte auf der Grundlage des bisherigen Kenntnisstandes die Festlegung der zu untersuchenden Hochwasser- und Flutungsszenarios. Ein Hochwasserszenario beschreibt ein bestimmtes hydrologisches Szenario, das durch zeitabhängige Durchflusswerte definiert ist. Flutungsoptionen beziehen sich auf unterschiedliche mögliche Steuerungsmaßnahmen wie die ungesteuerte und gesteuerte Flutung. Als ungesteuerte Flutung wird dabei eine Inanspruchnahme von Retentionsflächen bezeichnet, bei der eine dauerhafte Anbindung zum jeweiligen Fluss besteht. Die Wasserstandsentwicklung ist daher über die gesamte Dauer eines Hochwasserereignisses direkt mit der Wasserstandsganglinie des Flusses gekoppelt. Im Gegensatz dazu wird bei der gesteuerten Flutung die Retentionsfläche erst ab einem bestimmten Zeitpunkt für die Wasseraufnahme geöffnet. Im Sinne einer effektiven Scheitelkappung im Rahmen eines Hochwassermanagements erfolgt die Flutung der Retentionsfläche in diesem Fall erst kurz vor dem Eintritt des Scheitels. Hierdurch wird das maximal zur Verfügung stehende Volumen zunächst freigehalten, um im Bereich des Scheitelabflusses maximale Wassermengen entnehmen zu können.

Die in den beiden Untersuchungsgebieten Untere Havelniederung und Neuzeller Niederung zu betrachtenden grundlegenden Hochwasser- und Flutungsszenarios sind in Tab. 1-2 und Tab. 1-3 benannt.

Tab. 1-2: Hochwasser- und Flutungsszenarios für das Untersuchungsgebiet Untere Havelniederung

Hochwasserszenario		Flutungsoption	
HSZ-H 1	das Hochwasser vom August 2002		
HSZ-H 2	ein extremeres Hochwasserereignis der Elbe	FOP-H 1 FOP-H 2	ungesteuerte Flutung gesteuerte Flutung
HSZ-H 3	HW 2	„Ökologische Flutung“	

Tab. 1-3: Hochwasser- und Flutungsszenarios für das Untersuchungsgebiet Neuzeller Niederung

Hochwasserszenario		Flutungsoption	
HSZ-O 1	das Hochwasser der Oder vom Juli 1997	FOP-O 1 FOP-O 2	ungesteuerte Flutung gesteuerte Flutung
HSZ-O 2	Hochwasserganglinie 1/1994 (HQ 1)		
HSZ-O 3	Hochwasserganglinie 2/2002 (HQ 2)		
HSZ-O 4	Hochwasserganglinie 1/1981 (HQ 5)		

Die Hochwasserszenarios HSZ-H 3 und HSZ-O 2, 3 und 4 beziehen sich auf „Ökologische Flutungen“, deren Betrachtung zusätzlich zu den im Projekt zu untersuchenden Extrem-Hochwassern aufgenommen wurde. Als „Ökologische Flutungen“ werden gezielte Flutungen von Retentionsräumen bezeichnet, die regelmäßig bereits bei kleineren Anstiegen des Flusswasserspiegels unabhängig von Extremhochwassern durchgeführt werden. „Ökologische Flutungen“ fördern die Entwicklung von an Überflutung angepassten Biozönosen und damit auch landwirtschaftlich nutzbaren Vegetationsbeständen, so dass im Falle von Extremhochwassern Schäden bei der Flutung reduziert werden können. Eine grundsätzliche Voraussetzung für die Durchführung solcher Überflutungen ist die Zustimmung aller betroffenen Nutzer. Am Polder Altenheim am Rhein werden „Ökologischen Flutungen“ zudem als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme für die Nutzung der Polder als Retentionsraum bei Extremereignissen, die zu einer Vernichtung unangepasster Biozönosen führen würden, vorgenommen (z.B. HENRICHFREISE 2003; BERNHARD 2003, PFARR 2002).

Ein Szenario der Oder mit einem um 5 Tage verlängerten Scheitel, wie im Projektantrag benannt, wird nicht betrachtet, da es aufgrund des geringen Retentionsvolumens der Neuzeller Niederung nach jetzigem Kenntnisstand keine Unterschiede in der Flächenbetroffenheit gegenüber der Hochwasserwelle von 1997 erwarten lässt. Dahingegen wird hinsichtlich der Auswirkung der Polderflutung auf den Scheitelabfluss der Oder für die Unterlieger zusätzlich ein für die Oder typisches Hochwasser mit einem verkürzten Scheitel in die Betrachtung aufgenommen.

Aufgrund der begrenzten Kapazitäten wurden Eishochwasser sowohl für die Untere Havel (hohe Komplexität des Systems) als auch für die Neuzeller Niederung (relativ geringe Bedeutung in diesem Oder-Abschnitt) entgegen den Zielstellungen im Projektantrag nicht in die Untersuchungen einbezogen.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand

Untere Havelniederung

Die Flutpolder an der Unteren Havel wurden seit ihrem Bau vor ca. 50 Jahren zum Hochwasser im Sommer 2002 erstmals zur Kappung einer Elbehochwasserwelle eingesetzt. Die Steuerung des Wehr- und Poldersystems im Hochwasserfall ist in der Wehrbedienungsvorschrift geregelt, deren aktuelle Fassung 1993 zwischen den Ländern Brandenburg und Sachsen-Anhalt vereinbart wurde (WBV 1993). Derzeit ist eine Überarbeitung der Wehrbedienungsvorschrift geplant. Des Weiteren liegt eine Reihe von Untersuchungen zum Hochwasserschutzsystem der Havel vor, die bei Planungen zum Bau von Flutungsbauwerken und zur Steuerung der Poldersystems Beachtung finden sollten:

- „Ermittlung der Speicherfähigkeit der Havelniederung unterhalb Rathenow“, Bericht der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin im Auftrag der Wasserwirtschaftsdirektion Havel (FAS 1967)
- „Modellversuche für Flutungsbauwerke“, Abschlussbericht der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin im Auftrag der Wasserwirtschaftsdirektion Havel (FAS 1975)
- „Vorzugslösung für das Hochwasser-Schutzsystem im Flachland unter besonderer Berücksichtung der Unteren Elbe“, Dissertation an der TU Dresden (KRANAWETTREISER 1983)
- „Hydraulische und hydrologische Parameter der Unteren Havel – Wasserstraße“, Abschlussbericht der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin im Auftrag des Wasserstraßenaufsichtsamtes der DDR (FAS 1987)
- „Analyse des Hochwasserschutzes der Havel“, PROWA Planungsgesellschaft mbH Magdeburg im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg (PROWA 1995)
- „Analyse der hydrologischen Aspekte der Entstehung von Hochwasser an der Havel und deren Vorhersage“, Bundesanstalt für Gewässerkunde (FRÖHLICH 1999)

Bisher existiert für die Untere Havel und deren Nebenflüsse kein hydraulisches Modell, mit dessen Hilfe Abflüsse und Wasserstände bei Normal- und insbesondere Hochwasser simuliert werden können. Die Wehrsteuerung basiert somit v. a. auf der langjährigen Erfahrung bei den zuständigen Dienststellen. Für Angaben zur Wassermengenbilanzierung stehen lediglich die Anlagen der Wehrbedienungsvorschrift zur Verfügung. Die darin angegebenen Speicherinhaltlinien der Flutpolder beruhen jedoch auf Versuchen mit einem gegenständlichen Modell aus den 1960er Jahren.

Untersuchungen zur Retentionswirkung der Unteren Havelniederung wurden im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Morphologie der Elbe“ im Forschungsprogramm „Elbe-Ökologie“ durchgeführt (NESTMANN und BÜCHELE 2002). Am Beispiel des Elbehochwassers 1954 wird aufgezeigt, dass die Nutzung der Havelpolder als Retentionsraum eine deutliche Reduzierung des Abflussscheitels der Elbe bewirken würde (Reduktion von ca. 500 m^3/s am Pegel Wittenberge) und damit einer Abflussminderung der Gesamtheit von 17 weiteren untersuchten Retentionsmaßnahmen entspräche.

Zum Elbehochwasser vom August 2002 entstand eine Reihe von Berichten der zuständigen Behörden, auf die in dieser Arbeit zurückgegriffen werden konnte, darunter:

- „Das Elbehochwasser im Sommer 2002“, Landesumweltamt Brandenburg (LUA 2002)
- „Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet“, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG 2002)
- „Gemeinsamer Erfahrungsbericht“, Sondereinsatzleitung und Beraterstab Wehrgruppe Quitzöbel (SEL 2002)
- „Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet“, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV 2002)

Neuzeller Niederung

Im Jahre 1998 wurde neben anderen Oderpoldern die Retentionswirkung der Neuzeller Niederung in einer Studie im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg bewertet (HYDROPLAN 1998). Zwischen 1998 und 2002 wurde zudem im Auftrag der EU und der IKSO durch das Joint Research Centre (JRC) Ispra der Europäischen Kommission ein Niederschlags-Abfluss-Modell für das gesamte Oder-Einzugsgebiet entwickelt. Unter Verwendung beobachteter bzw. vorhergesagter Niederschlagswerte können für verschiedene wasserwirtschaftliche Maßnahmen sowie Szenarios der Landnutzungsänderung bzw. des Klimawandels Zeitreihen der Wasserhaushaltsgrößen für frei wählbare Punkte am Gewässer oder im Gebiet errechnet und damit Aussagen zum Hochwasserrisiko getroffen werden. Für das Land Brandenburg wurde z.B. die Retentionswirkung der Ziltendorfer Niederung und der Neuzeller Niederung abgeschätzt. Eine vertiefende Untersuchung der möglichen Retentionswirkung beider Polder bei zeitlicher und räumlicher Optimierung liegt zudem seit Mitte 2003 als Polderbericht des JRC vor (DE ROO 2003). Tab. 1-4 fasst die Ergebnisse der HYDROPLAN-Studie und des Polderberichtes zur Neuzeller Niederung zusammen. Beide Studien unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der verwendeten topografischen Grundlagen und in Bezug auf die Lage der potenziellen Deichöffnungen. Nach bisherigem Kenntnisstand ist lediglich bei einer gesteuerten Flutung, d.h. bei zeitlicher und räumlicher Optimierung der Flutung eines Gebietes, von einem signifikanten Einfluss auf den Hochwasserscheitel für die Unterlieger auszugehen. Eine Durchströmung der Neuzeller Niederung im Sinne einer Aufweitung des Abflussprofils könnte dagegen zu einer Entlastung insbesondere von Ratzdorf führen.

Tab. 1-4: Retentionswirkung der Neuzeller Niederung auf den Scheitelabfluss nach HYDROPLAN (1998) und DE ROO (2003), Angaben in cm Scheitelabsenkung a. P. Frankfurt (Oder)

	HYDROPLAN	LISFLOOD-Polderbericht
Gesamte Niederung	13,6	----
Südliche Teilfläche	13,5	10 - 20

Im Rahmen des Polderberichtes wurde die Wirksamkeit der Retentionswirkung der Neuzeller Niederung sowohl bei räumlicher und zeitlicher Optimierung als auch bei mengenmäßiger Steuerung des Zustromes untersucht. Für den Zustrom von maximal 100 m^3/s bzw. 200 m^3/s wären danach Scheitelabsenkungen von 10 cm bzw. 20 cm möglich (DE ROO 2003). Das theoretische Öffnungsbauwerk befindet sich dabei am Oder-km 549.

Innerhalb der sich im Landesumweltamt Brandenburg in der Diskussionsphase befindlichen Frage zur Deichtrassierung in der Neuzeller Niederung werden verschiedene Varianten betrachtet, die auch auf ihre Umwelt- und FFH-Verträglichkeit untersucht werden.

Bezüglich der Landnutzung können konkrete Aussagen für Bereiche entlang der bestehenden Deiche einer ersten im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg erstellten Umweltverträglichkeitsstudie zur Rekonstruktion des Oderdeiches der Neuzeller Niederung entnommen werden. Weiterhin kann auf den Landschaftsrahmenplan des Landkreises Oder-Spree und den Landschaftsplan für das Amt Neuzelle zurückgegriffen werden.

Angaben zur Verteilung von Niedermoorböden in der Neuzeller Niederung werden der Moorkarte des Landes Brandenburgs entnommen. Aktuell verfügbare Daten zur Niedermoorverteilung im Land Brandenburg wurden 1997 von der Humboldt-Universität im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg zusammengestellt und als digitale Karte aufbereitet. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Datenbestände des Moorarchivs der Humboldt-Universität Berlin und des GFE Berlin sowie der Mittelmaßstäblichen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). Die Moorkarte ist über das Landesumweltamt Brandenburg digital verfügbar.

Informationen zur Arten- und Biotopausstattung des Gebietes liegen in unterschiedlicher Qualität lediglich für die deichnahen Flächen (GUT 2001) sowie für das NSG im Verf. „Oder–Neiße“ (KIEßLING 1994) bzw. das LSG „Neuzeller Wiesenaue“ (LAGS 1997) vor. Vertiefende Aussagen zu den vorkommenden Lebensräumen und Arten der FFH-Richtlinie wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie für die Rekonstruktion des Oderdeiches in der Neuzeller Niederung erstellten FFH-Verträglichkeitsprüfung getroffen (GUT 2001).

1.5 Planung, Ablauf und Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens

Das Projekt „Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder" stellt eine finanzielle Aufstockung und inhaltliche Erweiterung des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Elbe" dar, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Inhaltlich wurde das Vorhaben um das angesichts der hohen Schäden bei den extremen Hochwassern an Oder (1997) und Elbe (2002) hochaktuelle Thema der Nutzung von Flutungspolder zur Kappung von Hochwasserscheiteln und damit zur Schadenminimierung erweitert. Die Bewilligung zum aufgestockten Projekt sah eine Projektlaufzeit von einem Jahr (01.02.02 bis 31.01.03) vor.

Eine maßgebliche Bedeutung als Grundlage für die vorgesehenen Untersuchungen kam der rechtzeitigen Beschaffung eines hochgenauen Digitalen Geländemodells (DGM) der Untersuchungsgebiete zu. Während für das Gebiet der Neuzeller Niederung mit einem hochgenauen, mittels Laserscan-Verfahren erhobenen DGM gearbeitet werden konnte, stand ein solches DGM für das Gebiet der Unteren Havelniederung nicht termingerecht zur Verfügung. Als Gründe für das Nicht-Zustandekommen der Laserscan-Befliegung in der Unteren Havelniederung sind v. a. die an die Befliegung geknüpften strengen Auflagen hinsichtlich der Wasserstände, Stand der Vegetationsentwicklung, Wetterbedingungen und die Flugplanung zu nennen. Aufgrund dieser Sachlage wurden die Arbeiten im Gebiet der Unteren Havelniederung stärker methodisch ausgerichtet. Die entwickelten Methoden können auf das hochgenaue DGM angewandt werden, sobald dieses zur Verfügung steht.

Im Projekt wurde danach für das Gebiet der Unteren Havelniederung anstelle des geplanten Laserscan-DGMs mit einem Geländemodell auf der Grundlage der Höheninformationen der Topografischen Karte 1:10.000 gearbeitet, das durch die Einbeziehung von Vermessungsdaten korrigiert und aktualisiert wurde. Dazu wurde im Projekt eine deutliche Mehrarbeit an Geländevermessungen durch die Erfassung von abflussrelevanten Strukturen wie Straßendämmen, Rinnen und Senken mittels Differenziellem GPS und Nivellement notwendig. Auf dem derart verbesserten DGM basieren die erarbeiteten Aussagen zur Flächenbetroffenheit im Flutungsfall für das Gebiet der Unteren Havelniederung.

1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In der Zusammenarbeit mit anderen Stellen konnte vielfach auf schon bestehende Kooperationen im Projekt „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel" aufgebaut werden. Wichtigste externe Partner waren die zuständigen öffentlichen Dienststellen, durch die die fachliche Richtigkeit und Praxisnähe sichergestellt wurde und denen wiederum die Ergebnisse des Projektes nach dessen Abschluss zur Verfügung gestellt werden. Zu nennen sind hier insbesondere die Umweltämter der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt und die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Neben der Zusammenarbeit mit externen Stellen, fand eine intensive projektinterne Kooperation statt, durch die die fachliche Expertise der Projektpartner im jeweiligen Fachgebiet gewinnbringend in das Projekt eingebracht werden konnte.

2 Analyse der Überflutungssituation in den Havelpoldern zum Elbehochwasser 2002

S. Förster, D. Kneis

2.1 Das Elbehochwasser im Sommer 2002

Das Elbehochwasser im August 2002 wurde wie auch die Sommerhochwasser im September 1890, August 1897, Juni 1926, Juli 1954 und Juli 1981 durch eine Vb-Wetterlage ausgelöst (SIMON 2002), die zu drei aufeinander folgenden Starkniederschlagsereignissen vom 01. bis 13.08. mit Schwerpunkt in Österreich, der Tschechischen Republik, der Slowakei und Ostdeutschland führte. In den ersten zehn Tagen des August wurden bereits in weiten Teilen des Elbeeinzugsgebietes die vieljährigen mittleren August-Monatssummen des Niederschlages erreicht (BFG 2002). Die hohe Bodensättigung aufgrund der starken Niederschläge in den ersten Augusttagen begünstigte den schnellen Oberflächenabfluss bei dem nachfolgenden Starkregenereignis vom 11. bis 13. August. Dabei fielen in einem Band vom Erzgebirge bis nach Potsdam Niederschlagsmengen bis zum dreifachen der durchschnittlichen Monatsmittel (Abb. 2-1). An der Station Zinnwald-Georgenfeld wurde am 12.08.2002 mit 312 mm der höchste je an einer deutschen Wetterstation seit Beginn der routinemäßigen Aufzeichnung gemessene Tagesniederschlag registriert (DWD 2002).

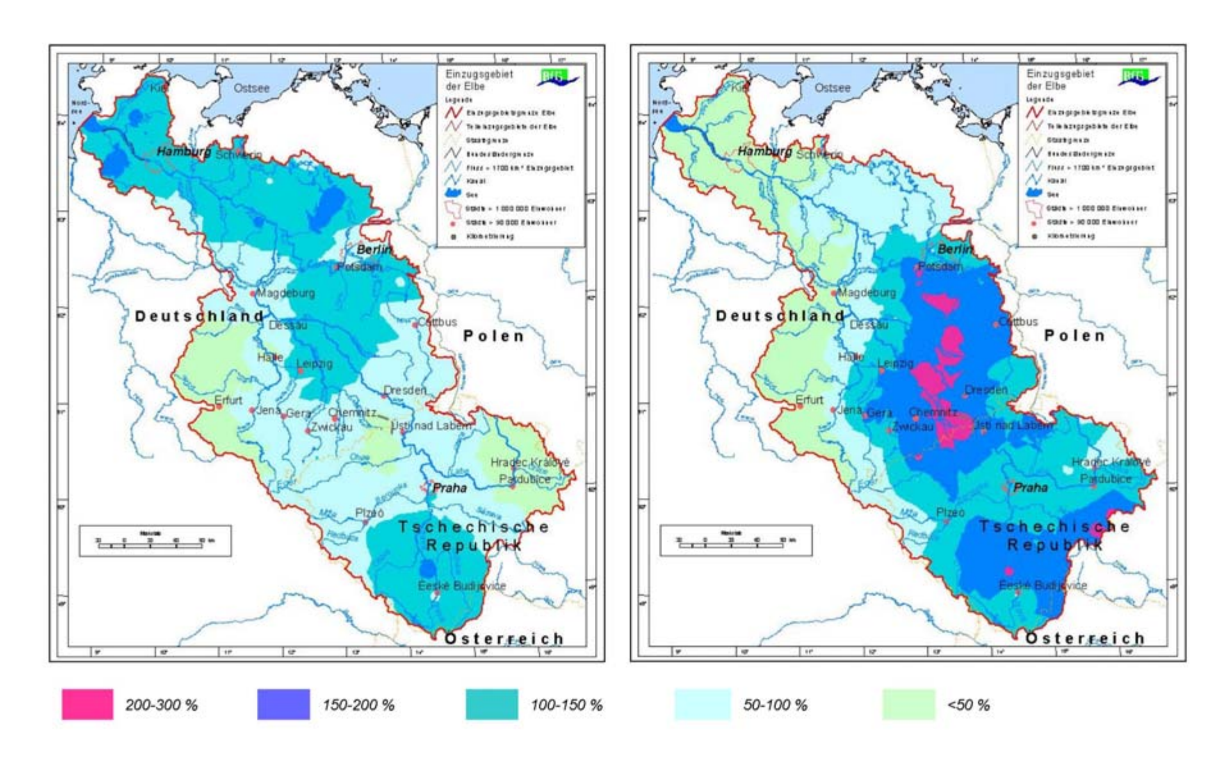


Abb. 2-1: Niederschlagshöhen über dem Elbeeinzugsgebiet in Prozent im Zeitraum vom 01.08. bis 10.08. (links) und 11.08. bis 13.08. (rechts) (BFG 2002)

Durch die hohen Niederschläge traten an vielen Elbpegeln die höchsten bisher gemessenen Wasserstands- und Abflusswerte auf. Abb. 2-2 zeigt den Wellenablauf des Elbehochwasser. Neben der Abflachung der Hochwasserwelle im Elbeverlauf sind die Abflussreduktionen infolge von Deichbrüchen bzw. gesteuerter Flutung und Abflusszunahmen durch Nebenflüsse erkennbar. Der größte durch Deichbruch hervorgerufenen Rückhalt von ca. 300 Mio. m³ trat im Mündungsgebiet der Schwarzen Elster auf, der zu einer Reduzierung des Scheitelwasserstandes am Pegel Wittenberg von ca. 40 cm führte. Insgesamt ist von einer Verminderung der Elbewelle durch Deichbrüche auf deutschem Gebiet von mehr als 400 Mio. m³ auszugehen. Neben den Deichbrüchen ist in Abb. 2-2 deutlich die gesteuerte Scheitelkappung im Bereich der

Havelmündung zu erkennen, bei der ein Volumen von 75,6 Mio. m³ zurückgehalten und eine Absenkung des Hochwasserscheitels am Pegel Wittenberge um 40 cm erreicht wurde (Abb. 2-3). Die sowohl durch Deichbrüche als auch gesteuert zurückgehaltenen Wassermengen wurden im weiteren Verlauf wieder an die Elbe abgegeben, sichtbar in der Erhöhung der Abflusswerte in den Tagen nach der Scheitelreduktion.

Die Nebenflüsse der Elbe trugen entsprechend der Stärke der Überregnung ihrer Einzugsgebiete in unterschiedlicher Größenordnung zum Abfluss bei. In Abb. 2-2 ist eine erhebliche Abflusszunahme durch die Mulde erkennbar, während die Nebenflüsse Schwarze Elster, Saale und Havel kein Hochwasser führten (BFG 2002).

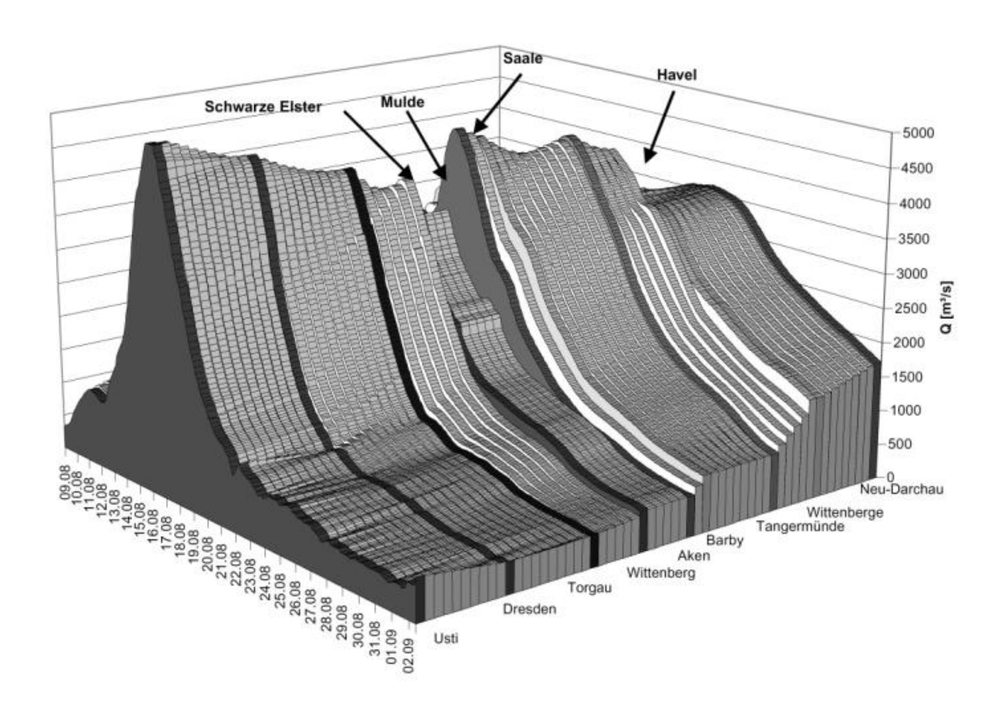


Abb. 2-2: Wellenablauf des Elbehochwassers 2002 nach Abflüssen zwischen den Stationen Usti n. L. und Neu Darchau (BFG 2002)

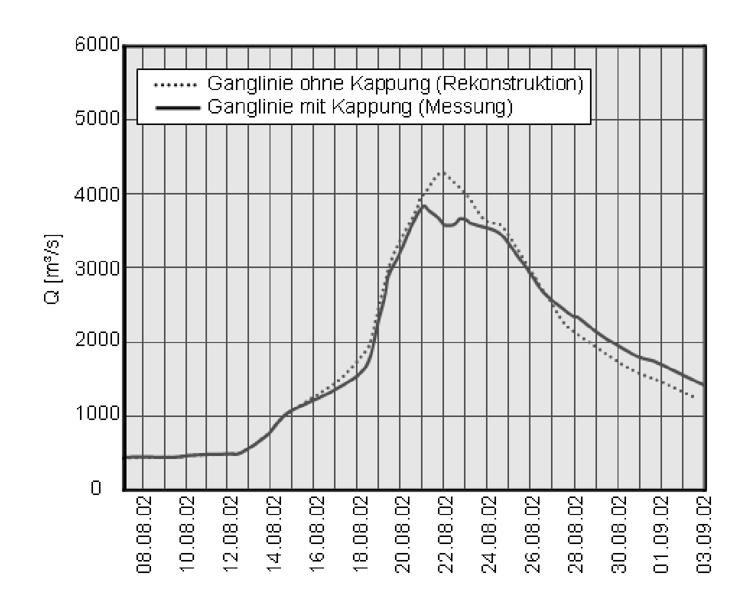


Abb. 2-3: Abflussganglinie Pegel Wittenberge (BFG 2002, modifiziert)

In Deutschland waren insgesamt 337 000 Menschen von der Elbeflut direkt betroffen. 21 Tote waren zu beklagen. Der Gesamtschaden in Deutschland wurde mit 9,1 Mrd. € beziffert (DKKV 2002).

2.2 Datenerhebung zur Rekonstruktion von Wasserständen und Überflutungsflächen

Zur Rekonstruktion der Überflutungssituation in den Havelpoldern während des Elbehochwassers 2002 können insbesondere Pegeldaten und Luft- und Satellitenbilder herangezogen werden. Die an den Pegeln gemessenen Wasserstände und Durchflüsse und die aus den Luft- und Satellitenbildern ableitbare räumliche Wasserflächenausdehnung zum Zeitpunkt des jeweiligen Überfluges dienen dem Nachvollziehen des Flutungsverlaufes und der Modellkalibrierung.

Die nachfolgende Tab. 2-1 gibt eine Übersicht über die verfügbaren Wasserstands- und Durchflussmessungen im Zeitraum der Polderflutung. Die Pegelstandorte sind auf Karte 1.1 dargestellt.

Tab. 2-1: Wasserstands- und Durchflussmessungen im Zeitraum der Polderflutung in der Unteren Havelniederung, * Daten liegen z. T. lückenhaft vor, ** Datenreihen z. T. kürzer wegen Trockenfallen der Pegelstandorte

Messgröße	Lage der Pegel	Messregime	Messreihe	Quelle
Wasserstand und Durchfluss	Havelpegel	15 min	gesamter Zeitraum	WSA Brandenburg
Wasserstand	Pegel im Mündungsbereich der Havelnebenflüssen	ein- bis zweimal täglich (05:30 bis 08:00 bzw. 15:00 bis 18:00 Uhr)	20.08. bis 11.09.02*	LUA Brandenburg
Wasserstand	Pegel an den Schöpfwerken der Polder Flöthgraben, Schafhorst und Twerl	ein- bis zweimal täglich (05:30 bis 08:00 bzw. 15:00 bis 18:00 Uhr)	20.08. bis 11.09.02*	LUA Brandenburg
Wasserstand	Pegel an den Schöpfwerken der Polder Warnau, Havelberg, Vehlgast und Kümmernitz	einmal täglich (früh)	19.08. bis 22.09.02*	LHW Sachsen-Anhalt
Wasserstand	Sekundärpegel (Hilfspegel) in den Poldern Flöthgraben, Schafhorst und Twerl	einmal täglich (früh)	27.08. bis 04.09.02**	LUA Brandenburg

Zehn Sekundärpegel (Hilfspegel) wurden während der Flutung der Polder zur Verdichtung des Primärpegelnetzes in den Poldern Twerl, Schafhorst und Flöthgraben installiert. Um die abgelesenen Wasserstände verwenden zu können, wurden die Pegel im Projekt mittels Nivellement in ihrer Höhe in müNN eingemessen.

Die in hoher zeitlicher Auflösung vorliegenden Pegeldaten geben einen genauen Einblick in die Entwicklung der Wasserstände und Durchflüsse in der Unteren Havel, dem Mündungsbereich ihrer Nebenflüssen und den Poldern während des Hochwassers 2002. Eine Extrapolation der Wasserstände in die Fläche mit Hilfe des Digitalen Geländemodells unter Annahme der Ausspiegelung erlaubt eine Ableitung der flächenhaften Verteilung des Wassers zu den entsprechenden Zeitpunkten. Jedoch kann die derart ermittelte Wasserflächenausdehnung von der realen Ausdehnung abweichen. Als Ursachen sind v. a. verschiedene Landnutzungen, welche die Wasserausbreitung unterschiedlich stark behindern, und Ungenauigkeiten des DGM zu nennen. Luft- und Satellitenaufnahmen bieten die Möglichkeit, die reale Wasserflächenausdehnung zu verschiedenen Zeitpunkten im Nachhinein zu erfassen. Verglichen mit den zeitlich hoch aufgelösten Pegeldaten besitzen die Fernerkundungsdaten jedoch geringe Wiederholraten. Tab. 2-2 gibt einen Überblick über die im Projekt verfügbaren Luft- und Satellitenbildaufnahmen und deren Aufnahmetermine.

Tab. 2-2: Luft- und Satellitenbildaufnahmen im Zeitraum der Polderflutung in der Unteren Havelniederung

Aufnahmetermin	Art der Aufnahme	Quelle
11.08.02 (ca. 09:00)	Satellitenbild (Landsat ETM+)	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) / US Geological Survey (USGS)
20.08.02 (ca. 09:00)	Satellitenbild (Landsat ETM+)	DLR / USGS
21.08.02 (ca. 17:00)	Fotos	PIK Potsdam
21.08.02 (mittags)	Orthofotos	LUA (Teil Brandenburg)
22.08.02 (ca. 10:00)	Satellitenbilder (ERS-2)	DLR
22.08.02	Luftbilder	Herausgegeben durch das LUA Brandenburg, Anlass: Tornadobefliegung der Bundeswehr
27.08.02 (ca. 09:00)	Satellitenbild (Landsat ETM+)	DLR / USGS
29.08.02 (abends)	Fotos	Universität Potsdam
03.09.02	Satellitenbild (Radarsat)	DLR
12.09.02 (ca. 09:00)	Satellitenbild (Landsat ETM+)	DLR/USGS
12./13.09.02	Flugzeugscannerdaten (Daedalus)	DLR
13.09.02 (mittags)	Fotos	Naturpark Westhavelland

2.3 Ereignisse und Maßnahmen in der Unteren Havelniederung während des Elbehochwassers 2002

Eine detaillierte Beschreibung der Ereignisse und Maßnahmen während der Kappung des Elbscheitels und der Flutung der Unteren Havel und Havelpolder gibt der gemeinsame Erfahrungsbericht von Sondereinsatzleitung und Beraterstab (SEL 2002).

Auf Beschluss der Ministerpräsidenten Brandenburgs und Sachsen-Anhalts wurde entsprechend der Empfehlung der Sondereinsatzleitung Quitzöbel das Poldersystem an der Unteren Havel zur Scheitelkappung der Elbe eingesetzt, um eine Entlastung der Deiche unterhalb der Havelmündung und einen Schutz der deichgeschützten Stadt Wittenberge zu erreichen.

Die Chronologie der Ereignisse und Handlungen ist in Tab. 2-3 zusammengefasst. Diese durchgeführten Steuerungsmaßnahmen spiegeln sich in den Wasserstandsganglinien der Pegel in Havel, Havelnebenflüssen und Poldern wieder (Abb. 2-8 bis Abb. 2-13).

Mit dem Schließen der Quitzöbeler Wehre am 18.08.02 und dem Aufstau der Unteren Havel in den Stauhaltungen wurde der Abfluss der Havel zurückgehalten. Entsprechend sind in Abb. 2-8 steigende Wasserstände unterhalb von Rathenow zu verzeichnen. Vor dem Vollabschluss hatte die Havel einen durchschnittlichen Abfluss von 140 m^3/s (Pegel Rathenow), der nach STAUBEIRAT (2002) bezogen auf die Reihe 1967-2000 ungefähr einem HQ_2 entspricht. Allein durch den Rückhalt wurde nach LUA (2002) eine Wasserstandabsenkung am Pegel Wittenberge von 14 cm erzielt. Im Zeitraum vom 20. bis 23.08.2002 wurde mit der Öffnung des Wehres Neuwerben insgesamt 75,6 Mio. m^3 Elbwasser in die Havelniederung eingeleitet, resultierend in einer effektiven Scheitelkappung am Pegel Wittenberge von ca. 40 cm. Mit der Öffnung des Wehres Neuwerben am 20.08. 20:00 Uhr stiegen erwartungsgemäß die Wasserstände auf der Havelstrecke zwischen Garz OP und Quitzöbel OP, während der Wasserstand am Neuwerbener Elbpegel um ca. 50 cm absinkt (Abb. 2-8).

Die Polder Havelberg, Vehlgast, Schafhorst (über die Dosse) und Flöthgraben (über Dosse und Alte Jäglitz) wurden aus der Stauhaltung Havelberg, die Polder Twerl (über den Gülper See) und Warnau aus der Stauhaltung Garz geflutet (Lage der Flutpolder siehe Karte 1.1). Die Polderflutung erfolgte über Bauwerke (Havelberg, Warnau), Deichabgrabung (Warnau) und mittels Deichsprengung (Vehlgast, Kümmernitz, Twerl, Schafhorst, Flöthgraben). Zusätzlich wurde die Flutung der Polder durch das Öffnen der Siele und Schöpfwerksdurchlasse unterstützt. Der Polder Große Grabenniederung wurde ausgenommen. Die Auswahl der Deichöffnungen erfolgte nach der Prämisse einer optimalen Flut- und Entleerbarkeit der Polder und der Vermeidung von Schäden. Durch die Lage der Öffnung an der tiefsten Stelle im Polder werden einerseits Schäden durch Kolkbildung beim Einströmen des Wassers minimiert, andererseits wird

ein weitgehendes Leerlaufen des Polders gewährleistet. Gleichzeitig wurde eine genügende Entfernung zu den Pumpwerken eingehalten, um Schäden an den bestehenden Bauwerken zu vermeiden.

Die Deichsprengungen stellten eine große Herausforderung dar, da bisher nur wenige Erfahrungen mit der Sprengung von Deichen im Rahmen von Polderflutungen vorlagen. Bei der Deichsprengung wurden die Sprengsätze in einer Doppelreihe so eingebracht, dass im optimalen Fall durch den resultierenden Sprengkegel von ca. 45° der Deich bis zur Basis weggeräumt wird. Zusätzlich soll durch die erodierende Wirkung des einströmenden Wassers die Deichbresche vollständig frei geräumt werden. Die Deichsprengungen liefen nicht reibungslos ab, so dass z. T. mehrere Versuche notwendig wurden (SEL 2002). Nach der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) soll eine Flutung der Polder bei einem Wasserstand von mindestens 26,00 müNN im Havelschlauch erfolgen, um ein Freiräumen der Bresche durch den Wasserdruck zu gewährleisten. Jedoch lagen die Wasserstände in den Stauhaltungen Garz und Havelberg zum Zeitpunkt der Poldersprengungen zumeist unter 26,00 müNN (Abb. 2-9).

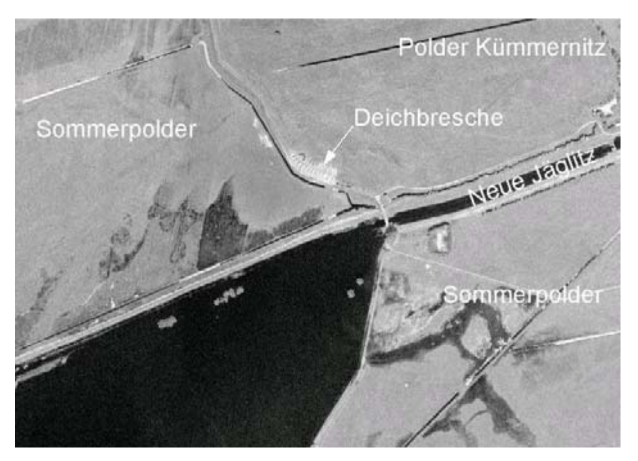


Abb. 2-4: Gesprengter Deich im südwestlichen Teil des Polders Kümmernitz, Aufnahmetermin des Digitalen Orthofotos: 21.08.02, Breite der Bresche: ca. 90 m (Quelle: LUA Brandenburg)

Abb. 2-5: Deichbresche am südwestlichen Teil des Polders Vehlgast, Aufnahmetermin des Digitalen Orthofotos: 21.08.02, Breite der Bresche: ca. 80 m (Quelle: LUA Brandenburg)

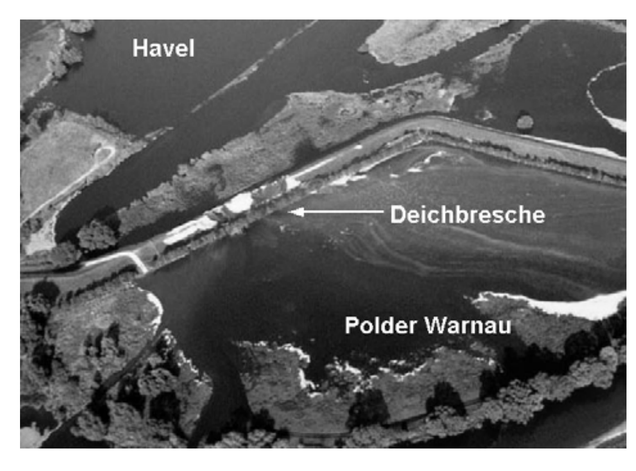


Abb. 2-6: Abgegrabener Deich im nordöstlichen Teil des Polders Warnau, Aufnahmetermin des Fotos: 21.08.02, Breite der Abgrabung: ca. 100 m (Foto: W. Lahmer, PIK)



Abb. 2-7: Deichbresche am südlichen Teil des Polders Twerl, Aufnahmetermin des Luftbildes: 22.08.02, Breite der Bresche: ca. 70 m (herausgegeben durch das LUA Brandenburg)

Aufgrund der verringerten Einstauhöhe von maximal 26,05 müNN auf der Havelstrecke zwischen Grütz UP und Havelberg Stadt, an welche die Flutpolder angeschlossen sind, und dem Ausschluss des Polders Große Grabenniederung aus der Flutung wurden insgesamt 170 Mio. m³ von möglichen 250 Mio. m³ in der Havelniederung gespeichert.

Mit dem Schließen des Wehres Neuwerben am 23.08.02 13 Uhr wurde die Kappung des Elbscheitels beendet. Wenig später konnte schrittweise mit der Entlastung der Unteren Havel begonnen werden. Dabei wurde die Wasserabgabe aus der Havel verzögert durchgeführt, um die Wehrbaustelle Gnevsdorf und die aufgeweichten Elbdeiche nicht zu gefährden.

Begünstigt durch die Wassererwärmung aufgrund der anhaltend hochsommerlichen Witterung und der geringen Einstautiefen setzte auf den gefluteten Flächen eine beschleunigte Zersetzung organischen Materials ein, die zur vermehrten Sauerstoffzehrung beitrug. Die Sauerstoffkonzentration erreichte die für viele Fischpopulationen kritischen Werte um 3 mg/l. Ein weiteres Absinken des Sauerstoffgehaltes auf Werte von 0,2 bis 0,5 mg/l am 06.09.02 führte zu einem beinahe vollständigen Fischsterben in der Havel auf einer Länge von 40 km. Schätzungsweise 15 bis 20 Mio. Fische starben (BUCHTA 2003).

Tab. 2-3: Übersicht über den Ablauf der Handlungen vom 18. bis 23.08.02 in der Unteren Havelniederung

Datum	Uhrzeit	Maßnahmen
18.08.02	08:30	Schließen des Quitzöbeler Durchstichwehrs zum Schutz der Unteren Havel vor unkontrolliertem Einströmen von Elbewasser
	18:00	Schließen der Quitzöbeler Wehre an der Havelmündung
20.08.02	20:00	Öffnung des Wehres Neuwerben (Beginn des Einlassens von Elbewasser in die Havelniederung)
	20:00	Öffnung des Polders Havelberg (Trübengraben) (Polder 1) durch Flutungsbauwerke (Einströmen von Wasser am 21.08.02 12:00)
	22:10	Öffnung des Polders Vehlgast (Polder 3/1) durch Sprengung (Einströmen von Wasser am 21.08.02 12:40 bestätigt)
	22:25	Öffnung des Polders Kümmernitz (Polder 2) durch Sprengung (Einströmen von Wasser am 21.08.02 15:45 bestätigt)
	22:30	Öffnung des Polders Warnau (Polder 5) durch Abgrabung, zusätzlich Öffnen von Schöpfwerksauslass und Siel (Beginn des Einströmens von Wasser am 21.08.02 12:40 bestätigt)
21.08.02	14:45	Öffnung des Polders Twerl (Polder 4/2) durch Sprengung (Einströmen von Wasser am 21.08.02 15:15)
	19:53	Öffnung des Polders Schafhorst (Polder 4/1) durch Sprengung (Einströmen von Wasser am 21.08.02 20:30 bestätigt)
22.08.02	17:45	Öffnung des Polder Flöthgraben (Polder 3/2) durch Sprengung, zuvor schon Einlass geringer Wassermengen über das Siel ab 21.08.02 15:05 (Einströmen von Wasser am 22.08.02 19:00 bestätigt)
23.08.02	13:00	Schließen des Einlasswehres Neuwerben (Ende der Kappung des Elbescheitels, 75,6 Mio. m³ Elbwasser sind in der Unteren Havel und den Flutpoldern zurückgehalten worden)
	16:00	Öffnung des Quitzöbeler Durchstichwehres (Beginn der Entlastung der Unteren Havel)

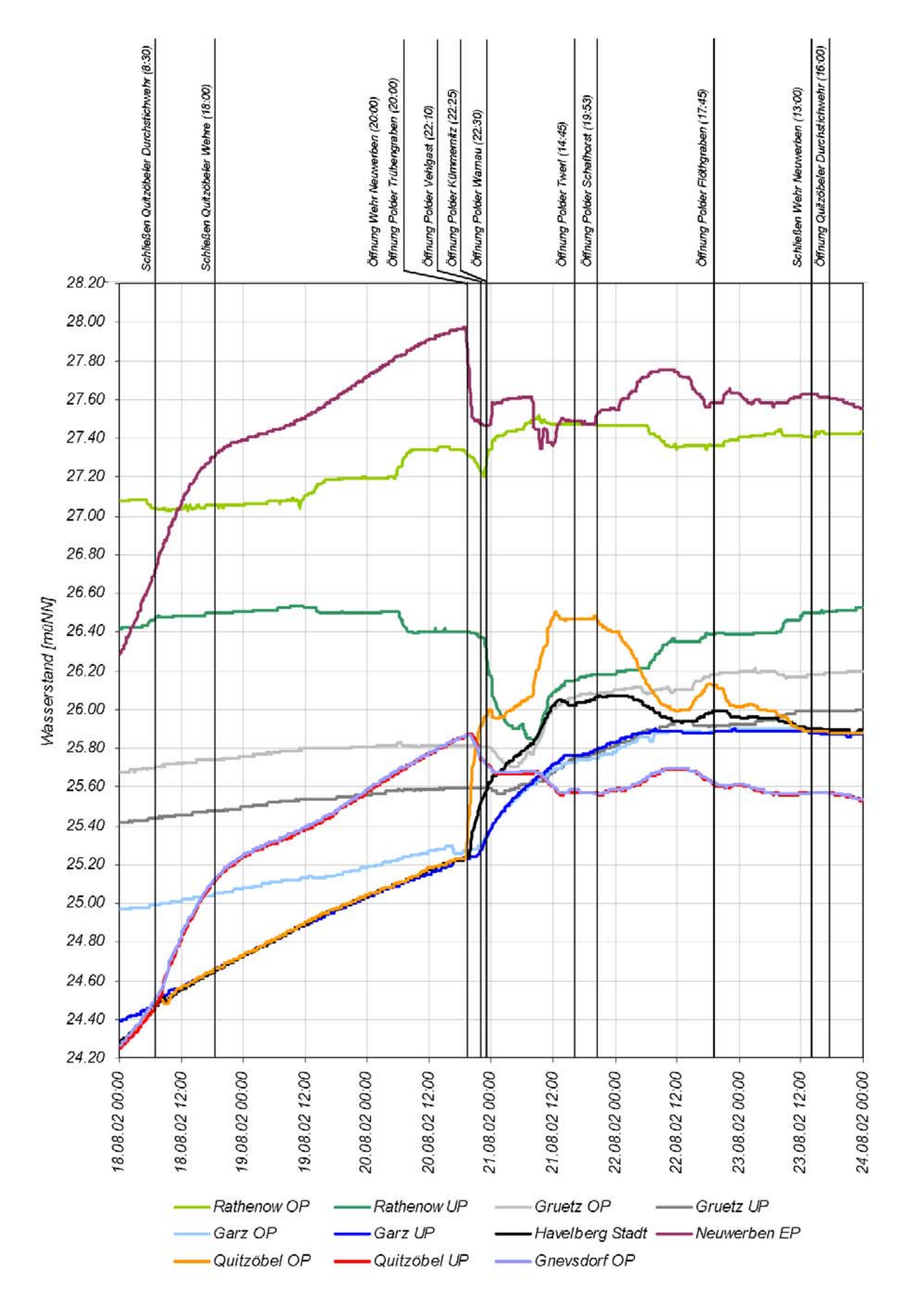


Abb. 2-8: Wasserstandsganglinien und Maßnahmen an der Unteren Havel im Zeitraum vom 18. bis 24.08.02 (Pegeldaten: WSA Brandenburg)

Obwohl die Havelwehre während der Flutung 2002 mit Ausnahme der Wehrbaustelle Garz vollständig geöffnet waren, besaßen sie eine deutliche abflussregulierende Wirkung (Abb. 2-9). Während an den Wehren jeweils ein deutliches Wasserspiegelgefälle zwischen Ober- und Unterpegel auftritt, variiert der Wasserspiegel zwischen den Wehren nahezu linear. Am Wehr Garz, dessen verfügbarer Querschnitt durch die Baustelle eingeengt war, wurde während der Flutung zeitweise zusätzlich die Schleuse geöffnet, um einen höhere Durchströmung zu erlauben.

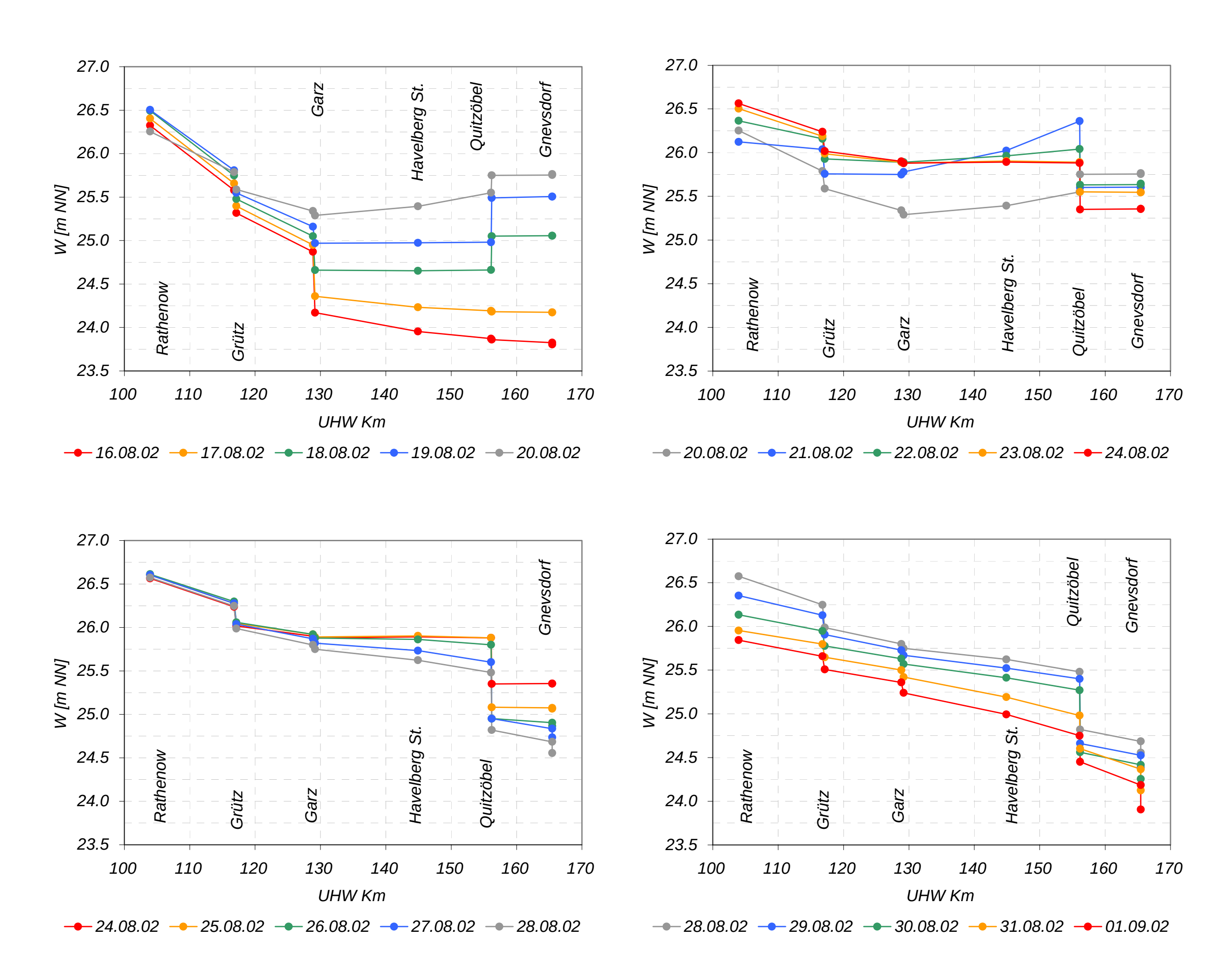


Abb. 2-9: Wasserspiegellagen der Unteren Havel zwischen den Pegeln Rathenow UP und Gnevsdorf EP im Zeitraum vom 16.08. bis 01.09.02 (Pegeldaten: WSA Brandenburg)

Die Polder Flöthgraben, Schafhorst und Twerl wurden nicht direkt über die Havel, sondern über die Neue Dosse und Alte Jäglitz bzw. den Gülper See geflutet. In wie weit der Wassernachschub dadurch limitiert wurde, lässt sich anhand der Wasserstandsentwicklung aus den Pegelmessungen im Mündungsbereich der Havelnebenflüsse nachvollziehen (Abb. 2-10 bis Abb. 2-12).

Die Deichöffnungen der Polder Schafhorst und Flöthgraben lagen an der Neuen Dosse bzw. an der Alten Jäglitz. ca. 250 m oberhalb der Mündung der Alten Jäglitz in die Neue Dosse. Mit der Öffnung der Polder am 21. bzw. 22.08.02 stiegen die Binnenwasserstände in den Poldern schnell an. Die Wasserstände in der Alten Jäglitz bzw. der Dosse oberhalb der Einstromstelle zeigen durch das schnelle Einströmen des Wassers einen Wasserstandsabfall von bis zu 35 cm, während der Pegel Saldernhorst unterhalb der Einstromstelle eine deutlich geringere Wasserstandsamplitude von maximal 10 cm aufweist. Am Pegel an der Mündung der Dosse in die Havel ist kaum eine Wasserstandsänderung durch die Flutung der Polder Schafhorst und Flöthgraben ersichtlich.

Der Polder Twerl wurde durch eine Deichbresche über den Gülper See geflutet. Während der Wasserstand am Binnenpegel schnell anstieg, wiesen die Außenwasserstände nur sehr geringe Änderungen von maximal 10 cm auf, so dass davon ausgegangen werden kann, dass genügend Wassernachschub vorhanden war.

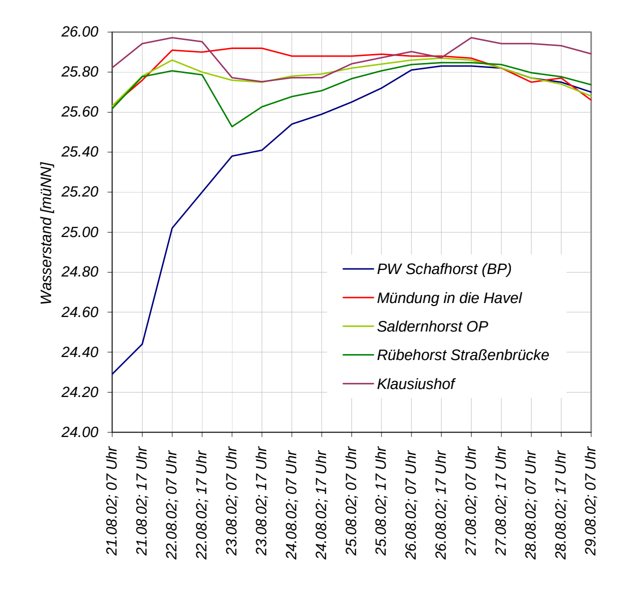


Abb. 2-10: Wasserstandsganglinien der Dosse und des Pumpwerkes Schafhorst im Zeitraum von 21. bis 29.08.02

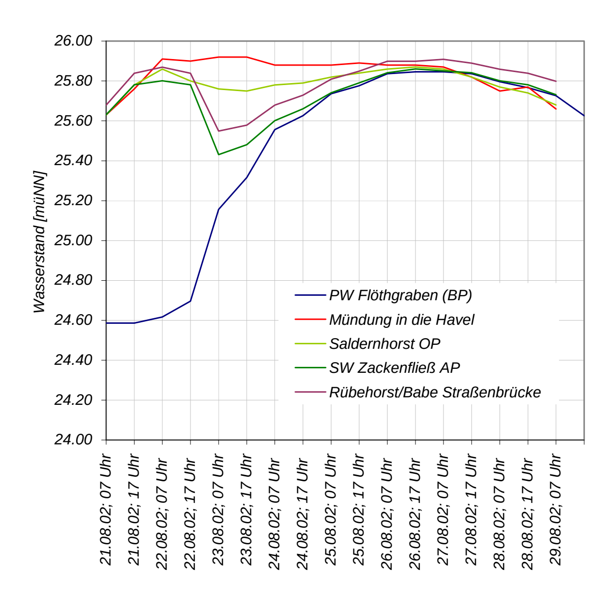


Abb. 2-11: Wasserstandsganglinien von Dosse, Alter Jäglitz und Pumpwerk Flöthgraben im Zeitraum vom 21. bis 29.08.02

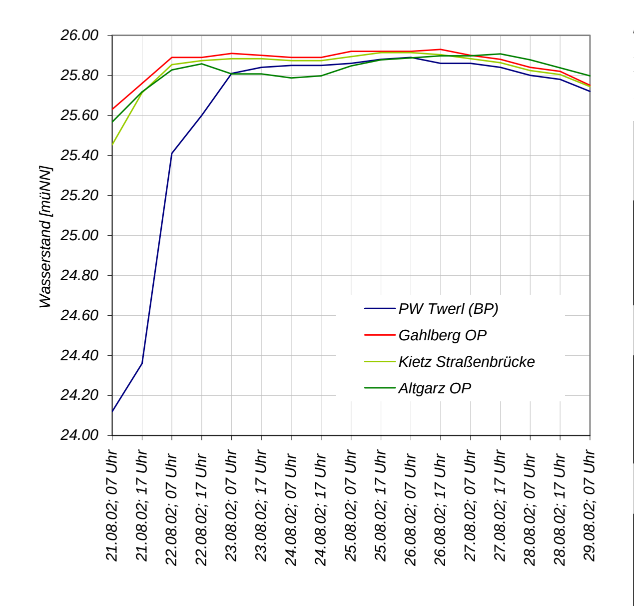


Abb. 2-12: Wasserstandsganglinien von Mühlenrhin, Rhinkanal und Pumpwerk Twerl im Zeitraum vom 21. bis 29.08.02

Tab. 2-4: Lage der verwendeten Pegel (Entfernung von der Mündung in die Havel am jeweiligen Nebenfluss), siehe auch Karte 1.1

Pegel	Gewässer	Entfernung [km]
Twerl		
Gahlberg OP	Mühlenrhin	0.1
Deichbresche Twerl	Gülper See	3.5
Kietz Straßenbrücke	Mühlenrhin	7.0
Altgarz OP	Rhinkanal	10.3
Flöthgraben		
Saldernhorst OP	Dosse	3.5
Deichbresche Flöthgraben	Alte Jäglitz	4.9
SW Zackenfließ AP	Alte Jäglitz	5.5
Rübehorst/Babe Straßenbrücke	Alte Jäglitz	8.0
Schafhorst		
Saldernhorst OP	Dosse	3.5
Deichbresche Schafhorst	Dosse	4.9
Rübehorst Straßenbrücke	Dosse	7.8
Klausiushof	Dosse	11.2

Die an den Polderpumpwerken abgelesenen Pegeldaten geben Aufschluss über die Wasserstandsentwicklung in den Poldern (Abb. 2-13). Bei einigen Poldern, bei denen die Erreichbarkeit der Schöpfwerke nicht gewährleistet war, beginnt die Aufzeichnung der Wasserstände etwas verzögert. Durch das rasche Ansteigen des Wasserstandes nach Öffnen der Polder sind die unterschiedlichen Öffnungszeitpunkte nachvollziehbar. In allen Poldern trat der maximale Wasserstand um den 26.08. ein, während sich die Entleerung entsprechend der Entwicklung der Außenwasserstände verzögert vollzog und bei Erreichen der Sohlhöhen der Deichöffnungen noch langsamer ablief. Die Entleerung im Polder Vehlgast lief im Vergleich zu

den anderen Poldern stark verzögert ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Polder durch einen Straßendamm geteilt wird, der während des Hochwassers 2002 ein starkes Flutungshindernis darstellte. Während die Deichbresche im westlichen Teil des Polders lag, wurden die Pegelaufzeichnungen im Pumpwerk Vehlgast im östlichen Teil des Polders durchgeführt. Da dieser Teil nur schwer entwässerbar ist, wurden zusätzlich mobile Pumpen zur Entleerung eingesetzt.

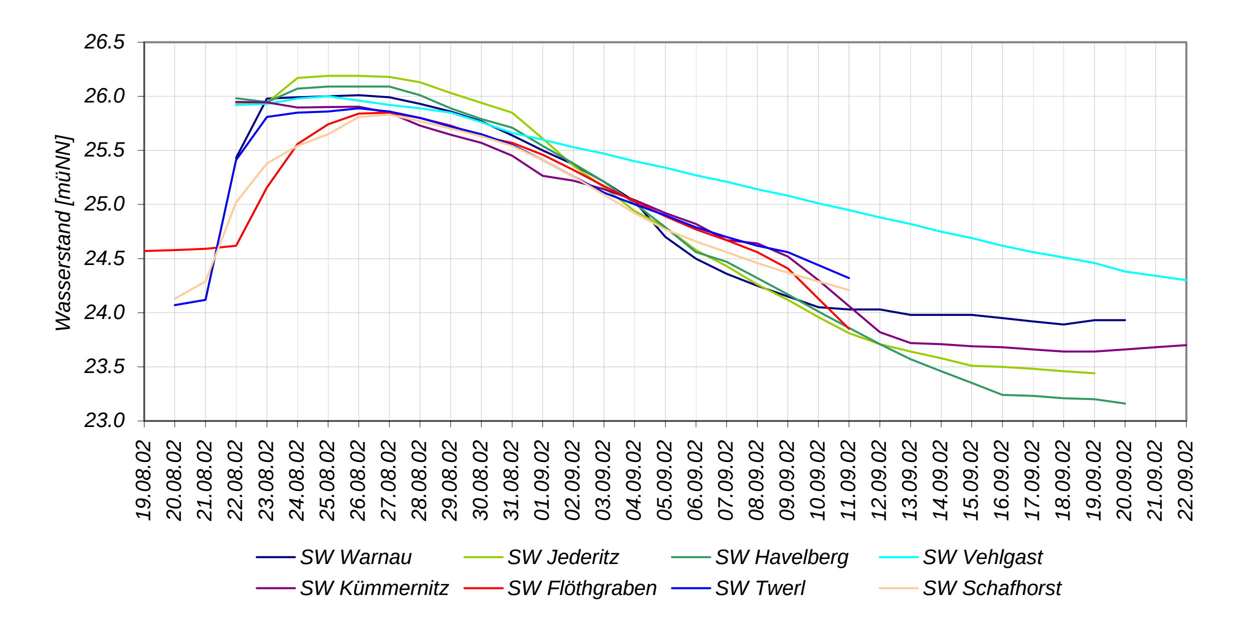


Abb. 2-13: Wasserstandsganglinien an den Polderschöpfwerken (Pegeldaten: LHW Sachsen-Anhalt, LUA Brandenburg)

Anhand der an den Pumpwerken aufgezeichneten Wasserstände wurde die Flutung der Polder unter der Annahme der Ausspiegelung nachvollzogen. Anzumerken ist dabei, dass in Abhängigkeit von den Geländeeigenschaften (Topografie, Rauigkeit) die Annahme der Ausspiegelung beim Füllungsprozess zu einer leichten Über- bzw. im Entleerungsprozess zu einer leichten Unterschätzung des aktuellen Poldervolumens führen kann. Der Ablauf der Flutung und Entleerung ist beispielhaft für den Polder Twerl in Abb. 2-14 und Abb. 2-15 dargestellt. Nach einem schnellen Einströmen und Anstieg des Wasserstandes bis zu einen maximalen Stand von 25,89 müNN am 26.08.02 verlief die Entleerung verzögerter. Aufgrund der relativ großen Höhenunterschiede waren die höher gelegenen Flächen des Polders von der Flutung nicht betroffen.

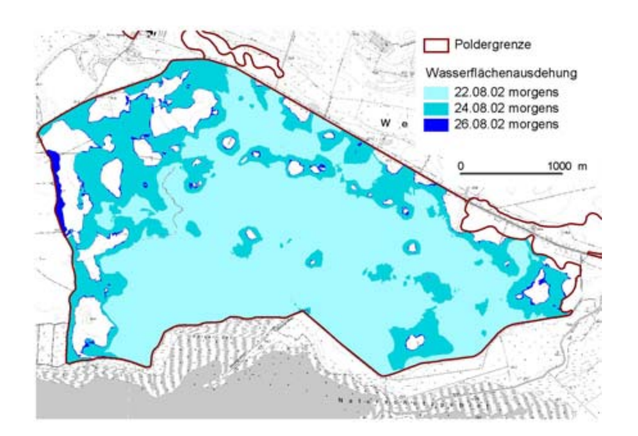


Abb. 2-14: Wasserflächenausdehnung während des Flutung im Polder Twerl, Beginn des Wassereinstromes: 21.08.02 nachmittags, Erreichen des höchsten Binnenwasserstandes: 26.08.02

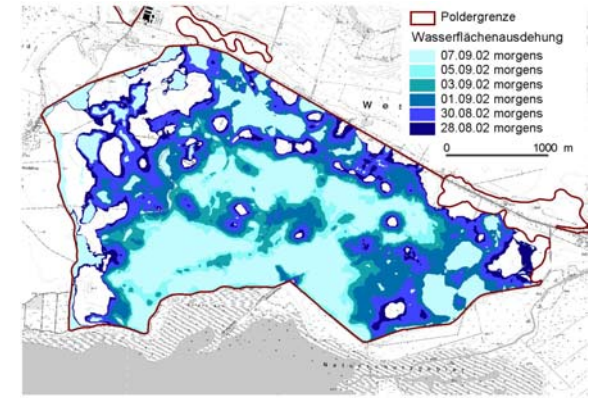


Abb. 2-15: Wasserflächenausdehnung während der Entleerung im Polder Twerl, vollständige Entleerung: ca. 13.09.02

In der Realität tritt die größte Wasserflächenausdehnung aufgrund der Geländerauigkeit und des Reliefs zeitlich verzögert zum höchsten Wasserstand auf. Durch das Rauigkeitsmuster erfolgt die Flutung unregelmäßig, bevorzugt entlang des bestehenden Grabensystems und Altarmen. Um die real aufgetretene Wasserausdehnung zu bestimmten Zeitpunkten im Nachhinein zu ermitteln, eignen sich Fernerkundungsaufnahmen. Am Beispiel des Polders Twerl wurden die aus den an den Pumpwerken abgelesenen Wasserständen erhobenen Wasserflächenausdehnungen mit den auf der Basis von Luft- und Satellitenbildern ermittelten Wasserflächen verglichen (Abb. 2-16 bis Abb. 2-19). Es zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung der Land-Wasser-Grenzen. Unterschiede ergeben sich durch die leicht differierenden Zeitpunkte der Aufzeichnung von Wasserständen bzw. Fernerkundungsdaten, durch die verzögerte Ausbreitung des Wassers aufgrund von Geländerauigkeiten und durch Ungenauigkeiten des Digitalen Geländemodells.

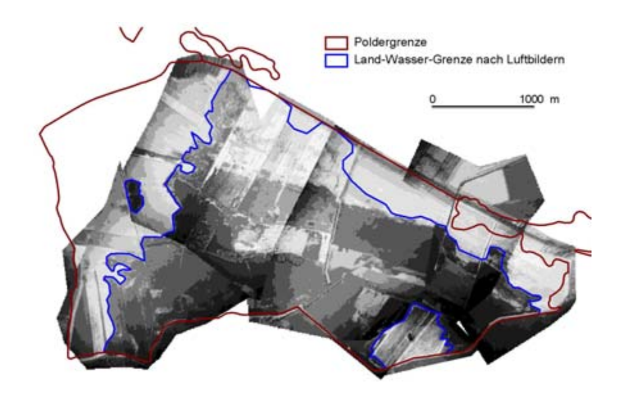
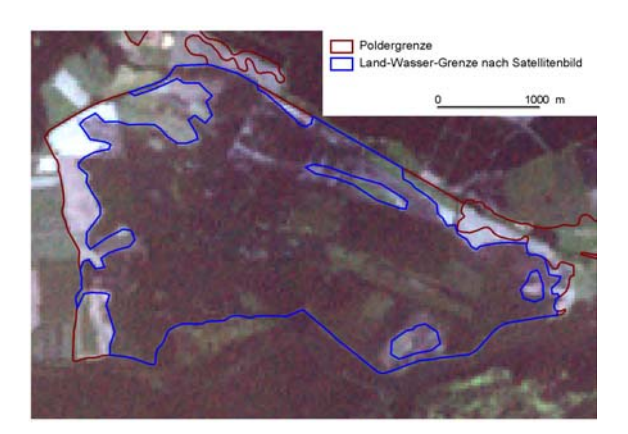
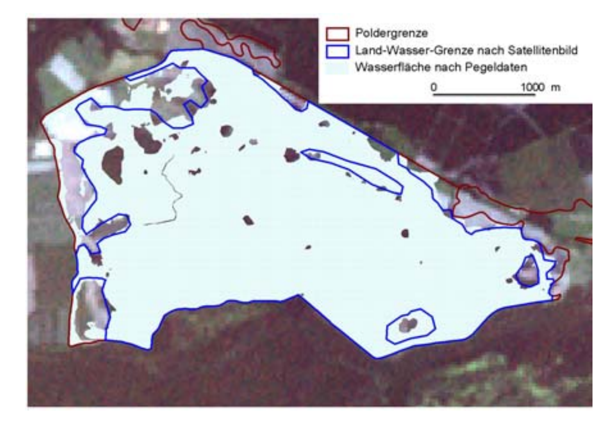


Abb. 2-16: Luftbilder vom 22.08.02 (herausgegeben durch das LUA Brandenburg) und auf Basis der Luftbilder erhobene Land-Wasser-Grenze

Abb. 2-17: Luftbilder vom 22.08.02 (herausgegeben durch das LUA Brandenburg), auf Basis der Luftbilder erhobene Land-Wasser-Grenze und Wasserflächenausdehnung auf Grundlage der Wasserstandsmessung am Pumpwerk Twerl vom 22.08.02 morgens





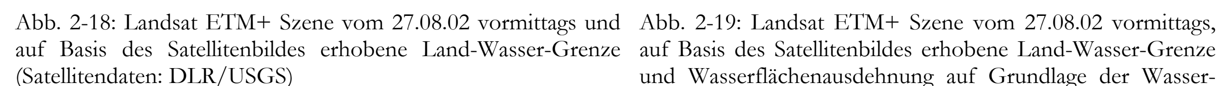


Abb. 2-18: Landsat ETM+ Szene vom 27.08.02 vormittags und auf Basis des Satellitenbildes erhobene Land-Wasser-Grenze (Satellitendaten: DLR/USGS)

Abb. 2-19: Landsat ETM+ Szene vom 27.08.02 vormittags, auf Basis des Satellitenbildes erhobene Land-Wasser-Grenze und Wasserflächenausdehnung auf Grundlage der Wasserstandsmessung am Pumpwerk Twerl vom 22.08.02 morgens (Satellitendaten: DLR/USGS)

3 Simulation der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung für verschiedene Hochwasserszenarios zur Ermittlung der Flächenbetroffenheiten

S. Förster, D. Kneis, J. Martin, W. Sauer

3.1 Methodische Ansätze

3.1.1 Digitales Geländemodell und Volumenanalysen

Voraussetzung des Projektes war das Vorliegen hochgenauer und aktueller Digitaler Geländemodelle (DGM), wie sie z.B. auf der Grundlage von Laserscan-Befliegungen erhoben werden. Während für das Untersuchungsgebiet Neuzeller Niederung solche Laserscan-Daten vorlagen, standen sie für das Gebiet der Unteren Havelniederung in der Projektlaufzeit noch nicht zur Verfügung. Um dennoch zu nutzbaren Ergebnissen zu kommen, wurden die Arbeiten für die Untere Havelniederung stärker methodisch ausgerichtet (siehe Kapitel 1.5), so dass die entwickelten Methoden angewandt werden können, sobald die Höhendaten auf Grundlage der Laserscan-Befliegungen zur Verfügung stehen.

Gleichzeitig wurde für dieses Untersuchungsgebiet das bestehende DGM auf Basis von Vermessungsdaten für einen räumlich begrenzten Bereich von drei Flutpoldern (Polder Vehlgast, Twerl und Schafhorst) verbessert und die gefundenen Abweichungen zwischen der Topografischen Karte 1:10.000 (TK 10) und den Vermessungsdaten in Abhängigkeit von den aggregierten Bodenklassen der Bodenübersichtskarte (BÜK) auf die übrigen Polder und das Havelvorland übertragen. Durch das Einbeziehen von aktuellen Vermessungsdaten konnten zudem Aussagen über die Genauigkeit des vorliegenden, auf der Grundlage der TK 10 erstellten, Digitalen Geländemodells getroffen werden.

3.1.1.1 Verbesserung des bestehenden Geländemodells mittels GPS und Nivellement (Untere Havelniederung)

Das vorliegende DGM basiert auf den Höhenpunkten und -linien der TK 10 (Höhenlinienabstand 0,5 m). Dieses Höhenmodell genügt nicht den Genauigkeits- und Aktualitätsansprüchen, die für die Ermittlung aktueller Wasserstands-Volumen-Beziehungen sowie die Modellierung der Flutungs- und Entleerungsvorgänge erforderlich sind. Nach Auskunft des Landesamtes für Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg stammt die Höheninformation der TK 10 teilweise noch von den Erstaufnahmen im 19. Jahrhundert. Da insbesondere im Bereich der Polder durch intensive Meliorationsmaßnahmen Moorsackungen stattgefunden haben, weist dieses DGM erhebliche Genauigkeitsdefizite auf. FELDMANN (2002) ermittelte auf einem Untersuchungsgebiet im Polder Große Grabenniederung durchschnittliche Sackungsbeträge von 1,1 m im Zeitraum von 1911 bis 1999. Dies entspricht einer Moorschwundrate von 1,3 cm/Jahr. Neben der unzureichenden Aktualität sind weder Straßendämme noch Deiche in ihrer Höhenlage in der TK 10 repräsentiert. Jedoch erwies sich z.B. die Straße zwischen den Ortschaften Vehlgast und Klein-Damerow im Polder Vehlgast als bedeutendes Fließhindernis während der Flutung im August 2002 (Abb. 3-2).

Für die Verbesserung des DGM wurden zum einen eigene Geländevermessungen mittels GPS (Global Positioning System) und Nivellement durchgeführt, zum anderen konnte auf Vermessungsdaten des Ingenieurbüros Ellmann & Schulze zurückgegriffen werden, die für die Polder Vehlgast, Twerl und Schafhorst in einem Raster von ca. 50 bis 100 m vorlagen. Insgesamt standen somit ca. 10 000 Vermessungspunkte zur Verfügung. Die hinzugezogenen Vermessungsdaten dienten einerseits der flächenhaften Korrektur des bestehenden DGM, andererseits der Ergänzung des DGM um abflussrelevante Geländemerkmale wie Geländekanten, Straßendämme und Deiche.

Für die GPS-Messungen wurden Trimble 4000 SSE Geräte des GeoForschungsZentrums (GFZ) Potsdam eingesetzt. Um eine Genauigkeit im Bereich weniger cm in Lage und Höhe zu erreichen, wurde im differenziellen Modus unter Auswertung der Trägerphase gemessen. Dabei wurden die GPS-Signale gleichzeitig an einem Gerät (Base), das auf einem Punkt mit bekannten Koordinaten positioniert wurde, und an zwei mobilen Geräten (Rover) aufgezeichnet (Abb. 3-1). Durch die simultane Aufzeichnung kann in der Nachbearbeitung der Daten ein großer Teil der Fehlereinflüsse eliminiert werden. Die Auswertung der Trägerphase anstelle der aufmodulierten Codes ermöglicht eine weit genauere Lagebestimmung.

Die Genauigkeit konnte durch die Einmessung von bekannten Punkten überprüft werden. Der Vergleich ergab Lage- und Höhendifferenzen von weniger als 10 cm.

Neben der Vermessung mit GPS wurden folgende Vermessungsarbeiten mit Nivelliergeräten durchgeführt:

- Straßen im Polder Vehlgast (weisen variierende Höhen über dem umgebenden Gelände auf (Abb. 3-2))
- binnenseitiger Deichfuß des Polders Twerl (Vermessung in dem Deichbereich, der im August 2002 gesprengt wurde bzw. der als Lage für potentielle Deichöffnungen in Frage kommt).



Abb. 3-1: GPS-Vermessung im Polder Vehlgast (Antennen der mobilen Geräte)



Abb. 3-2: Nivellement-Vermessung der Straße zwischen Vehlgast und Klein-Damerow im Polder Vehlgast

Das DGM auf Grundlage der Höhenlinien der TK 10 wurde mittels Geländeinterpolation mit dem auf die Erstellung hydrologisch korrekter Geländemodelle spezialisierten Interpolationsverfahren Topogrid in ArcInfo erzeugt. Als Rasterzellenweite wurde 5 m gewählt, um eine ausreichend genaue Beschreibung der Strukturen des Geländereliefs zu gewährleisten. Für die drei Polder, für die zusätzlich aktuelle Höhenpunkte aus den o. g. Vermessungen vorlagen, wurde eine Verbesserung der auf der Höheninformation der TK 10 beruhenden Digitalen Geländemodelle nach der Methode der Residueninterpolation vorgenommen. Dazu wurden zuerst die Höhendifferenzen zwischen den aktuellen Vermessungspunkten und dem auf Basis der TK 10 erstellten DGM, die so genannten Residuen, berechnet. Unter der Annahme, dass die Residuen benachbarter Punkte ähnlichere Werte aufzeigen als weiter entfernte, wurde eine Fläche der Residuen, d.h. eine Fläche der Abweichungen zwischen Vermessungspunkten und DGM, interpoliert. Im anschließenden Arbeitsschritt wurde das auf Grundlage der TK 10 berechnete DGM und die interpolierte Residuenfläche addiert, um so das auf Basis der Vermessungspunkte korrigierte DGM zu erhalten. Zum Abschluss wurden die Deiche und Straßendämme hinzugefügt.

Die Karten 3.1 und 3.2 zeigen das auf der Höheninformation der TK 10 basierende DGM bzw. das durch das zusätzliche Einbeziehen von Vermessungsdaten korrigierte DGM am Beispiel des Polders Vehlgast. Auf beiden Karten sind deutlich die auch visuell im Gelände wahrnehmbaren Fließrinnen zu sehen. Durch Einbeziehen der Vermessungsdaten ergeben sich dabei kleinräumig wechselnde Höhenverhältnisse im Polder. Durchschnittlich weist das durch Einbeziehen der Vermessungspunkte berechnete DGM geringere Höhen auf. Deutlich wird die Absenkung der Geländeoberfläche auch am potentiellen Speicherinhalt. Bei einer Einstauhöhe von 26,40 müNN verfügt das auf Basis der Vermessungsdaten korrigierte DGM über ein knapp 1 Mio. m³ größeres Volumen bei einem Gesamtspeichervolumen des Polders Vehlgast von ca. 12,5 Mio. m³ (Abb. 3-3).

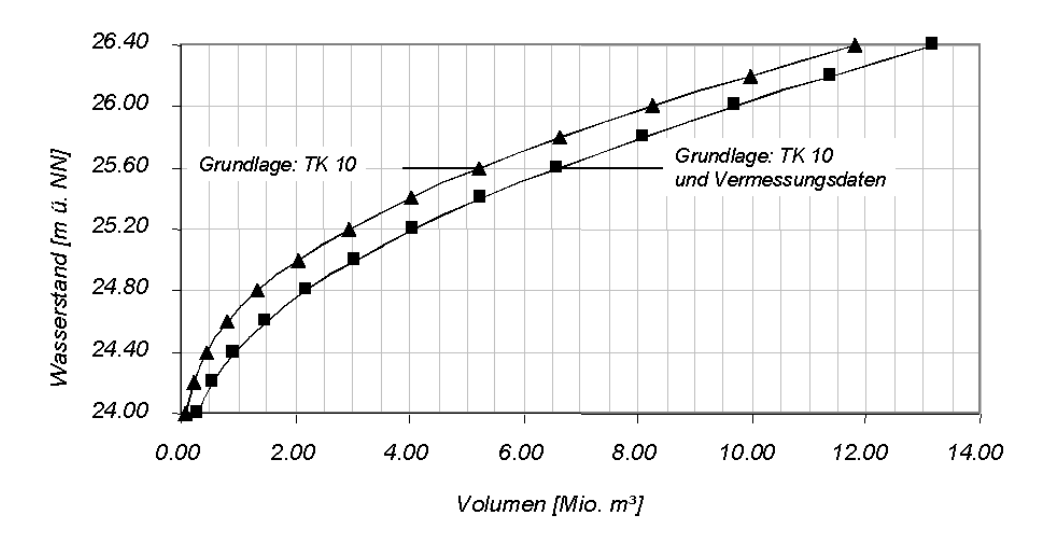


Abb. 3-3: Vergleich der auf Basis des unkorrigierten bzw. korrigierten Digitalen Geländemodells berechneten Speicherinhaltslinie für den Polder Vehlgast

Der „Volumengewinn" durch Einbeziehen der aktuellen Vermessungsdaten ist demnach nicht vernachlässigbar. Deshalb wurden auch die übrigen Polder und der Havelschlauch, für die keine aktuellen Höhendaten vorlagen, mit Hilfe der aus den verbesserten Digitalen Geländemodellen der Polder Vehlgast, Twerl und Schafhorst gewonnenen Erkenntnisse korrigiert. Für diese Korrektur wurden die durchschnittlichen Absenkungsraten je aggregierter bodensystematischer Einheit der Bodenübersichtskarte (BÜK) berechnet und auf die anderen Gebiete übertragen. Erwartungsgemäß konnte beim Niedermoor mit 20 cm der höchste durchschnittliche Absenkungbetrag festgestellt werden.

Die nach o. g. Verfahren berechneten und in diesem Projekt verwendeten Digitalen Geländemodelle der Polder sind auf den Karten 3.2 bis 3.8 im Anhang abgebildet.

Vor dem Hintergrund der geplanten und zum derzeitigen Zeitpunkt (Januar 2004) schon zu großen Teilen durchgeführten Laserscan-Befliegungen der Unteren Havelniederung, wurde eine Korrektur des Digitalen Geländemodells nur so weit durchgeführt, wie der Aufwand im Rahmen des Projektes vertretbar erschien. Das durch die stärker methodisch ausgerichteten Arbeiten entwickelte Simulationsmodell steht für die spätere Anwendung bereit, sobald das hochgenaue und aktuelle DGM aus den Laserscan-Befliegungen verfügbar ist.

3.1.1.2 Digitales Geländemodell auf Basis einer Laserscan-Befliegung (Neuzeller Niederung)

Dem Digitalen Geländemodell liegen die vom Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg geprüften und nachbearbeiteten Daten zweier Befliegungen mit Laserscan Technik vom Januar und vom März 1999 zu Grunde. Im Deichzwischenbereich wurden Gitterpunkte mit einer Rasterweite von 2 m und im Deichhinterland – also auch in der Neuzeller Niederung – mit einer Rasterweite von 5 m geliefert.

Das flugzeuggetragene Laserscanning stellt eine moderne Technologie zur Generierung von hochaufgelösten und aktuellen Geländemodellen dar, die sich durch eine hohe Genauigkeit, eine hohe Messdichte und einen hohen Automatisierungsgrad auszeichnet (HAKE et al. 2002).

Die im Lagebezugssystem ETRS 89 und Höhenbezugssystem DHHN 92 vorliegenden Höhendaten (x,y,z) wurden für den Bereich der Neuzeller Niederung TK 10-blattweise als ArcInfo GRID berechnet, in eine einheitliche Rasterweite von 5 m überführt und als GRID ASCII-Datei exportiert. Die erzeugte ASCII-Datei bildete die Grundlage für den Import in ArcView (mit Erweiterung Spatial Analyst) und für die Berechnung von Quer- und Längsprofilen der Neuzeller Niederung.

Die Karte 3.9 zeigt das für die Neuzeller Niederung aus diesen Daten erzeugte DGM. Dabei ist zu beachten, dass die Oder und die breiteren Gräben mit ihrer zum Zeitpunkt der Befliegung aktuellen Wasser-

oberfläche abgebildet sind. Bei Geländestrukturen mit Abmessungen kleiner oder um 5 m (z.B. Deichkronen, schmale Gräben) ist mit Verschleifungen infolge der Interpolation bei der Erzeugung der Grid-Zellen zu rechnen.

Durch den Vergleich mit bekannten Höhendaten (Topografische Festpunkte, vermessene Deichhöhen) sowie anderer bekannter relativer Merkmale (z.B. Wasserspiegelgefälle der Oder) wurde das DGM stichprobenhaft überprüft. Dabei erwies sich zunächst ein Sprung in der Wasseroberfläche am Eingang des Oder-Spree-Kanals als auffällig, der aber durch die bei beiden Befliegungen unterschiedlichen Wasserstände erklärt werden konnte.

3.1.1.3 Ableitung von Wasserstands-Volumen-Beziehungen

Wasserstands-Volumen-Beziehungen können durch Speicherinhaltsfunktionen für einen bestimmten Raumausschnitt abgebildet werden. Das Volumen bei einem gegebenen Wasserstand ergibt sich aus der Addition der Volumina zwischen Geländeoberfläche und Wasserspiegel für jede einzelne Rasterzelle des Geländemodells. Der Wasserspiegel der überstauten Fläche wird dabei als ausgespiegelt angenommen. Die Wasserstands-Volumen-Beziehung kann dann fehlerhaft werden, wenn das Geländemodell größere, durch Reliefstrukturen isolierte Senken aufweist. Für die Neuzeller Niederung ist wegen ihres dichten Grabennetzes und ihrer wannenartigen Struktur nicht mit größeren abgetrennten Senken zu rechnen, verschiedene Prüfungen ergaben auch keine diesbezüglichen Hinweise.

Für die Flutpolder in der Unteren Havelniederung kann dagegen eine fehlerhafte Berechnung der Wasserstands-Volumen-Beziehungen vorliegen, die auf das Vorhandensein von getrennten Becken im vorliegenden Höhenmodell, die durch natürliche (z.B. Höhenrücken) oder künstliche Strukturen (z.B. Straßendämme in den Poldern Vehlgast und Schafhorst) begrenzt werden, bzw. auf das Vorhandensein kleinerer abgeschlossener Senken innerhalb der Becken zurückzuführen ist. Im Fall der o. g. Becken sollte eine getrennte Berechnung der Speicherinhaltsfunktionen für diese Teilbereiche des Höhenmodells vorgenommen werden. Die im DGM vorliegenden kleineren abgeschlossenen Senken werden in der Realität in der Regel durch das vorhandene Grabennetz entwässert bzw. während der Flutung gefüllt. Mit Vorliegen des geplanten hochgenauen DGM für die Untere Havelniederung werden Gräben und Flutrinnen realitätsnah abgebildet und somit wird die Anzahl scheinbar nicht entwässerbarer Senken stark reduziert sein.

3.1.2 Ermittlung der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung

Aufgrund der Unterschiedlichkeit beider Untersuchungsgebiete bezüglich der Größe und Komplexität der Poldersysteme, der Anzahl der zu beachtenden Randbedingungen und der Art und Qualität der vorliegenden Datengrundlagen wurden jeweils angepasste, verschieden komplexe Methoden zur Simulation der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung entwickelt und angewandt.

3.1.2.1 Gekoppelte Speicher Modell (Untere Havelniederung)

Ziel der Modellentwicklung war es, ein robustes Werkzeug zu schaffen, mit dessen Hilfe die Flutung des Poldersystems am Unterlauf der Havel unter verschiedenen Randbedingungen (insbesondere Hochwasser-Szenarios) und bei Einsatz unterschiedlicher Steuerungsoptionen simuliert werden kann. Als Ergebnis sollte das Modell die räumliche Verteilung der Überflutungsdauer und Einstautiefe der Polderflächen liefern.

Bei der Konzeption eines solchen Modells waren insbesondere die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Es ist eine potentielle Überschwemmungsfläche von mehr als 200 km² zu betrachten, die sich aus dem Vorland von Havel und Nebengewässern, mehreren Seen sowie Flutungspoldern zusammensetzt. Allein letztere umfassen eine Fläche von etwa 100 km². Der zu betrachtende Abschnitt der Havel hat eine Länge von ca. 40 km.
- Das untersuchte System besitzt komplexe Randbedingungen. Zuflüsse in das Gebiet erfolgen über die Havel und ihre Nebenflüsse sowie – im Falle einer Flutung – durch eine Überleitung von

Elbewasser am Wehr Neuwerben. Der Abfluss des Systems wird einerseits über die Wehrgruppe Quitzöbel gesteuert. Andererseits ist die Vorflut der Havel von der Wasserstandsentwicklung in der Elbe beeinflusst.

- Die Strömungsrichtung in den Gewässerabschnitten des Systems ist nicht festgelegt. Bei einem bedeutenden Einstrom von Elbewasser über das Wehr Neuwerben kommt es in der Havel zu einer Umkehr der Fließrichtung.
- Sowohl die Komplexität des Systems als auch die für eine Parametrisierung zur Verfügung stehende Datengrundlage und Zeit setzen der Detailliertheit des Modells Grenzen.
- Da eine größere Anzahl von Simulationen für unterschiedliche Szenarios auszuführen ist, müssen geringe Rechenzeiten erreicht werden.

Ein Modell, welches all diesen Anforderungen genügen soll und in einem Zeitraum von wenigen Monaten zu entwickeln, zu parametrisieren und anzuwenden ist, muss zwangsläufig alle Möglichkeiten einer vereinfachten Abbildung der Realität ausnutzen, soweit dies der geforderten Präzision der Ergebnisse nicht im Wege steht.

Das entwickelte Rechenprogramm basiert auf einer Abbildung des natürlichen Systems durch miteinander gekoppelte Speicher und ist der Klasse der konzeptionellen Modelle zuzuordnen. Es wird im Folgenden als „Gekoppelte-Speicher-Modell“ oder „GS-Modell“ bezeichnet bzw. mit „GSM“ abgekürzt. Für die Anwendung des Modells über die in diesem Projekt durchgeführten Simulationen liegt eine detaillierte Dokumentation und Anwendungsbeschreibung vor.

Das GS-Modell besitzt drei grundlegende Typen von Objekten, die durch den Anwender nahezu beliebig miteinander kombiniert werden können, um das zu simulierende System angemessen abzubilden. Die drei grundlegenden Objekttypen sind:

- Speicher
- Speicherverbindungen („Links“)
- Randbedingungen

Im Folgenden werden die wesentlichen Eigenschaften von Speichern, Speicherverbindungen und Randbedingungen sowie die im Modell implementierten Subtypen dieser drei Objekttypen beschrieben.

Speicher

Als Speicher werden im GS-Modell alle Oberflächengewässer (Flussabschnitte, Seen), überflutbare Vorländer und Polderflächen aber auch die auffüllbare, ungesättigte Bodenzone abgebildet. Allen Speichern gemeinsam sind folgende Eigenschaften:

- Der aktuelle Zustand eines Speichers wird durch seinen Wasserstand und das zugehörige Speichervolumen beschrieben. Zwischen Wasserstand und Volumen existiert eine eindeutige Funktionsbeziehung.
- Der Wasserstand eines Speichers gilt stets für dessen gesamte Fläche (Annahme der Ausspiegelung). Ein Wasserspiegelgefälle kann daher nur zwischen verschiedenen Speichern, aber nicht innerhalb eines Speichers auftreten.
- Einem Speicher können bei Bedarf eine oder mehrere, ggf. zeitlich variable Randbedingungen zugeordnet werden, die externe Zu- und/oder Abflüsse erzeugen.
- Ein Speicher kann über eine oder mehrere Speicherverbindungen mit einem oder mehreren benachbarten Speichern gekoppelt sein. Mehrere Verbindungen zwischen 2 Speichern sind möglich. Es stehen unterschiedliche Typen von Speicherverbindungen zur Verfügung.
- Der Zustand eines Speichers zu Beginn der Simulation wird über dessen Anfangswasserstand beschrieben.

Wie auch allen übrigen, im GS-Modell verwalteten Objekten, muss jedem Speicher zum Zwecke der Identifizierung eine eindeutige ID-Nummer zugeordnet werden.

Im GS-Modell werden als Speichertypen Oberflächenwasserspeicher und Grundwasserspeicher (ungesättigte Zone oberhalb der Grundwasseroberfläche) unterschieden. Im Unterschied zum Grundwasserspeicher, dessen aktueller Zustand nur durch den Wasserstand und das gespeicherte Volumen beschrieben wird, werden Oberflächenwasserspeicher zusätzlich durch ihre Wasseroberfläche und die mittlere Wassertiefe im Speicher charakterisiert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Zustandsgrößen und die Speicherinhaltsfunktionen, die für deren Be- und Umrechnung verwendet werden.

Tab. 3-1: Speichertypen und Speicherinhaltsfunktionen

Speichertyp	**Speicherinhalts-funktionen**	**Erläuterung**
Oberflächen-wasserspeicher	$V = f(H)$	Ordnet jedem Wasserstand ein in Anspruch genommenes Volumen zu. Die Funktion wird vom Modell verwendet, um aus gegebenen Anfangswerten des Wasserstandes die Speichervolumina zu ermitteln.
	$H = f(V)$	Ermittelt den Wasserstand, der mit einem bestimmten gespeicherten Volumen korrespondiert. Die Funktion wird im Modell verwendet, um den Wasserstand in einem Speicher neu zu berechnen, wenn sich das gespeicherte Volumen aufgrund von Flüssen zwischen den Speichern oder aufgrund der Randbedingungen verändert hat.
	$A = f(H)$	Ordnet jedem Wasserstand die Wasseroberfläche des Speichers zu. Die Funktion wird verwendet, um die Verdunstung eines Speichers zu berechnen. Gleichzeitig wird hierüber die Fläche ermittelt, über die ein Austausch mit dem Grundwasserspeicher erfolgt.
	$D = f(H)$	Ermittelt die Wassertiefe als Mittelwert für den gesamten Speicher. Diese wird benötigt, um die Versickerung in den Grundwasserspeicher zu schätzen, solange eine ungesättigte Zone existiert.
Grund-wasserspeicher	$V = f(H)$	wie oben
	$H = f(V)$	wie oben

Ist bekannt, dass Oberflächenwasserspeicher aus mehreren beckenartigen, voneinander isolierten Bereichen bestehen, sollte eine Unterteilung in separate Speicher vorgenommen werden, um die Wasserstände der Teilflächen differenziert abbilden zu können.

Die aufgeführten Speicherfunktionen werden vom GS-Modell in Form von Tabellen eingelesen und verwaltet. Funktionstabellen haben gegenüber einer Beschreibung der Speicherfunktionen durch Polynome o. ä. den Vorteil, dass grundsätzlich jede Form von Beziehung abgebildet werden kann und dass sie vollautomatisch erstellt werden können.

Speicherverbindungen (Links)

Links stellen im GS-Modell Verbindungen her, die einen Wasseraustausch zwischen verschiedenen Speichern ermöglichen. Ein Link verbindet jeweils genau zwei Speicher miteinander. Zwei Speicher können jedoch über mehrere, voneinander unabhängige Links miteinander verbunden sein. Jeder Link besitzt unabhängig von dessen Typ:

- eine eindeutige ID-Nummer zur Identifizierung,
- eine Information, welche zwei Speicher durch den Link miteinander verbunden werden sowie
- eine Vorschrift, nach welcher der Wasseraustausch zwischen den beiden angeschlossenen Speichern berechnet wird.

Außerdem lassen sich für alle Typen von Speicherverbindungen Zeiten definieren, zu denen die Verbindung zwischen den Speichern wirksam und ggf. wieder inaktiv wird. Damit ist es möglich, Steuerungs-

maßnahmen (z.B. Öffnung von Einlassbauwerken zu einem bestimmten Zeitpunkt) als auch zeitlich variable Links (z.B. Breschenentwicklung nach einer Deichöffnung) abzubilden.

Die weiteren Eigenschaften unterscheiden sich je nach Typ der Speicherverbindung. Im GS-Modell sind derzeit drei Typen implementiert, die mit den Abkürzungen

- W/S-Link (a)
- W/W-Link (b)
- GW-Link (c)

bezeichnet werden. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Vorschrift, welche die Berechnung der Wasserflüsse zwischen den angeschlossenen Speichern regelt.

a) Gefälle- und Wasserstandsabhängige Flussraten (W/S-Links)

Mit diesem Link-Typ werden Speicher verbunden, deren Wasseraustausch als Funktion der Speicher-Wasserstände (W) und des Wasserstandsgefälles (S) zwischen den Speichern beschrieben werden kann. Eine solche Verbindung bietet sich an, wenn es sich bei den Speichern um Segmente eines Fließgewässers handelt. Als Übergang zwischen beiden Speichern kann dann ein geeignetes, für den Flussabschnitt repräsentatives und möglichst durchflusskontrollierendes Profil ausgewählt werden, für welches die Beziehung zwischen Wasserstand, Gefälle und Durchfluss bekannt ist oder berechnet bzw. geschätzt werden kann.

Um Gefälle und Wassertiefe im Übergangsprofil zwischen den durch einen W/S-Link verbundenen Speichern ermitteln zu können, ist eine Entfernung zwischen dem Übergangsprofil und einem repräsentativen Ort des Speichers anzugeben. Im Falle eines in Speichersegmente diskretisierten Flussabschnittes wird dies die Entfernung zwischen der Mitte des Speichersegments und dem Übergangsprofil zum nächsten Speichersegment sein. Das Gefälle wird dann aus der Wasserstandsdifferenz der Speicher und der Entfernung zwischen den Speichermitten und dem Übergangsprofil berechnet. Der Wasserstand im Übergangsprofil ergibt sich als entfernungsgewichtetes Mittel der Speicherwasserstände.

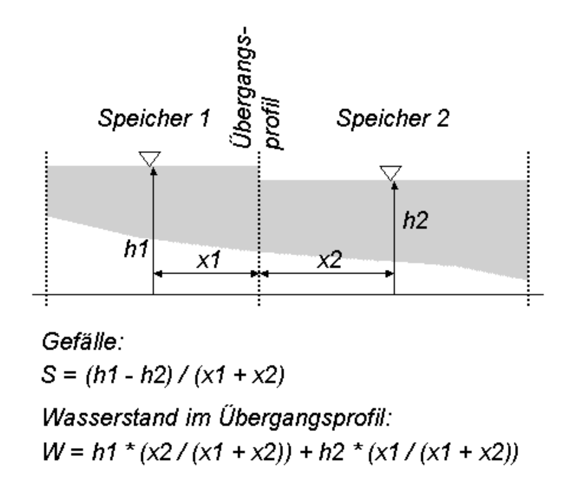


Abb. 3-4: Berechnung von Gefälle und Wasserstand im Übergangsprofil zwischen zwei durch einen W/S-Link verbundenen Speichern

Die Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion muss extern ermittelt werden. Sie wird dem GS-Modell in Form einer Tabellenmatrix mit Durchflüssen übergeben, wobei die Argumente Wasserstand und Gefälle mit den Zeilen bzw. Spalten variieren. Der zu einem bestimmten Wasserstand und Gefälle gehörige Durchfluss wird vom Modell durch bilineare Interpolation ermittelt. Zur korrekten Erfassung der nichtlinearen Abhängigkeiten in der Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion müssen die Werte in angemessenen Intervallen von Wasserstand und Gefälle tabelliert werden.

Sofern Messwerte von Wasserständen und Durchfluss im Übergangsprofil vorliegen, kann die benötigte Funktion durch eine multiple Regressionsanalyse ermittelt werden. Eine entsprechende Anzahl von

Messwerten vorausgesetzt, kann die Regressionsrechnung auch schrittweise erfolgen, indem die Wertetripel (Wasserstand, Gefälle, Durchfluss) zunächst in Wasserstandsklassen gruppiert werden. Für die Klassen wird der Wasserstand nunmehr als Konstante (Wasserstand der Klassenmitte) angenommen und eine Funktion zur Beschreibung des Durchflusses in Abhängigkeit vom Gefälle angepasst. Hierfür haben sich – in Anlehnung an die Gleichung von Manning-Strickler – bisher Funktionen folgender Art bewährt:

$$Q = a_i \cdot \sqrt{S} \qquad \text{Gl. 3-1}$$

Q: *Durchfluss*

a_i: *Regressionsparameter für die Wasserstandsklasse i*

S: *Wasserspiegelgefälle*

Im zweiten Schritt kann nun eine Funktion (z.B. ein Polynom) angepasst werden, welches die Abhängigkeit des Parameters a_i von der Wasserstandsklasse beschreibt. Damit ergibt sich die Struktur:

$$Q = P(h) \cdot \sqrt{S} \qquad \text{Gl. 3-2}$$

P(h): *Polynom mit dem Wasserstand als Argument*

Je weiter die für die Berechnung von Gefälle und mittlerem Wasserstand herangezogenen Pegel voneinander entfernt sind, desto stärker machen sich Instationaritäten in einer Streuung der Werte bemerkbar, und die Funktionsanpassung wird erschwert.

Sofern keine Messwerte zur Ableitung der benötigten Beziehung existieren und kein besserer Ansatz für eine Schätzung der Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion verfügbar ist, kann näherungsweise mit dem Manning-Strickler-Ansatz gearbeitet werden.

Hierfür muss die Geometrie des Querprofiles (ggf. inklusive der Vorländer) bekannt sein und eine verlässliche Abschätzung über die anzusetzenden Rauigkeitsbeiwerte vorliegen. Es kann dann (ggf. für ein gegliedertes Profil) in Abhängigkeit von Fließtiefe und Wasserspiegelgefälle ein Schätzwert des Durchflusses berechnet werden. Die Bezeichnung Schätzwert ist angebracht, da der Ansatz von Manning-Strickler streng genommen nur für die Berechnung des Normalabfluss gilt. Die Verwendung des Wasserspiegelgefälles statt des Sohlgefälles erlaubt eine begrenzte Anwendung auf leicht ungleichförmigen Abfluss.

Eine exemplarische Anwendung des Manning-Strickler-Ansatzes zur Berechnung der Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion zeigte, dass bei Auswahl eines repräsentativen Querprofiles und Ansetzung geeigneter Rauigkeitsbeiwerte geringe Abweichungen im Vergleich zu Funktionen, die mittels Regression aus Messdaten abgeleitetet wurden, erreicht werden können. Hinsichtlich der Abhängigkeit des Durchflusses vom Gefälle unterscheiden sich die oben beschriebene Regression und die Manning-Strickler-Gleichung nicht, da beide Ansätze von einer Wurzelfunktion ausgehen.

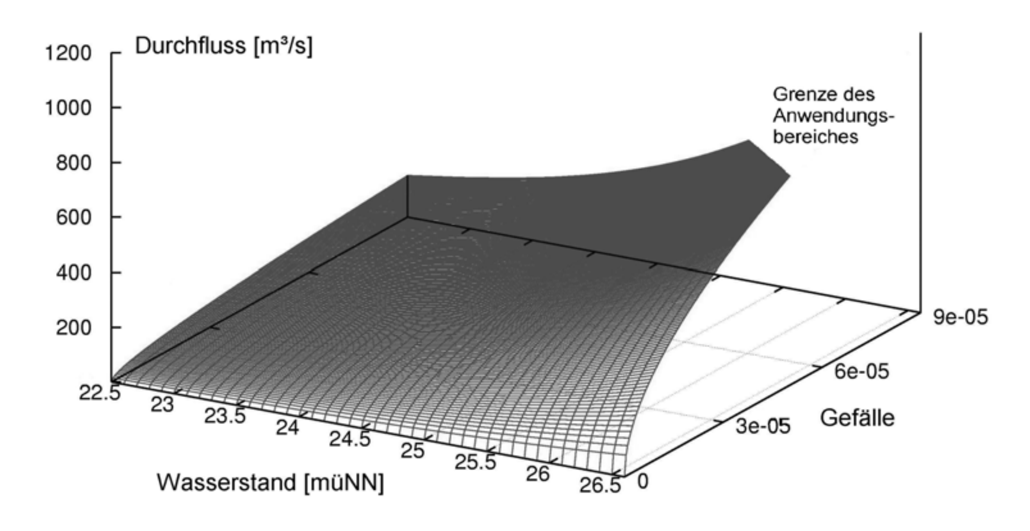


Abb. 3-5: Beispiel für eine Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion

Das GS-Modell unterstellt, dass die Gefälle-Wasserstands-Durchfluss-Funktion unabhängig von der Fließrichtung gültig ist. Bei einem gegebenen Wasserstand im Übergangsprofil und einem gegebenem Gefälle hängt die Flussrate also nicht vom Vorzeichen des Gefälles ab, weshalb es ausreicht, die Funktion nur für positive bzw. nur für negative Gefällewerte zu tabellieren. Die korrekte Fließrichtung wird modellintern durch Vergleich der Wasserstände ermittelt.

b) Flussraten als Funktion zweier Wasserstände (W/W-Links)

Dieser Link-Typ ermöglicht es, die Flussrate zwischen den zwei verbundenen Speichern direkt als Funktion der Wasserstände (W) beider Speicher zu berechnen. Hiermit lassen sich insbesondere Kontrollbauwerke (z.B. Wehre und Durchlässe) erfassen. Um beliebige Bauwerksformen und Dimensionen im Modell abbilden zu können, wurden keine spezifischen Funktionen in das GS-Modell integriert, sondern es wird in Analogie zum W/S-Link auf eine Durchflusstabelle zurückgegriffen. Diese muss extern für variierende Wasserstände in beiden Speichern erstellt werden. Im Falle stark nichtlinearer Funktionen ist auf die Wahl ausreichend kleiner Wasserstandsintervalle zu achten.

Neben der Angabe eines Zeitpunktes, ab dem die Speicherverbindung über einen W/W-Link aktiv wird, ist auch die Angabe eines kritischen Wasserstandes möglich, bei dessen Überschreitung der W/W-Link aktiviert wird. Hierdurch können Steuerungsmaßnahmen, wie z.B. die Öffnung der Einlassbauwerke von Poldern ab einem bestimmten Wasserstand, abgebildet werden. In welchem der beiden durch den W/W-Link verbundenen Speicher der kritische Wasserstand überschritten wird, ist in der aktuellen Version des GS-Modells ohne Bedeutung.

c) Anbindung des Grundwasserspeichers

Zur Kopplung von Oberflächenwasserspeichern und Grundwasserspeichern steht ein eigener Link-Typ zur Verfügung. Die Berechnung der Flussrate zwischen Oberflächenwasser- und Grundwasserspeicher basiert auf einem aus der Grundwassermodellierung bekannten Leakage-Ansatz. Es gelten die Leakage-Gleichungen in Anlehnung an KINZELBACH (1986):

$$q = L \cdot (h_O - B) \quad \textit{für } h_{GW} < B \qquad \text{Gl. 3-3}$$

$$q = L \cdot (h_O - h_{GW}) \quad \textit{für } h_{GW} > B \qquad \text{Gl. 3-4}$$

L: *Leakage-Faktor*

q: *spezifische Durchflussrate (Flussrate pro Flächeneinheit)*

h_O: *Wasserspiegelhöhe im Oberflächenwasserspeicher*

h_{GW}: *Höhe der Grundwasseroberfläche*

B: *Höhe der Sohle des Oberflächenwasserspeichers (Geländehöhe)*

Zum Erhalt der Durchflussrate in der Dimension [Volumen/Zeit] sind die spezifischen Flussraten mit der Fläche zu multiplizieren, durch die der Wasseraustausch erfolgt. Als Abschätzung für diese Austauschfläche wird die zum jeweiligen Wasserstand gehörige Wasserfläche verwendet. Die folgende Abbildung zeigt schematisch die Anwendung der Leakage-Gleichungen.

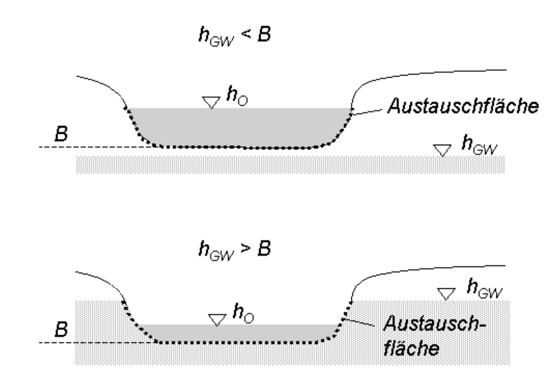


Abb. 3-6: Definitionsskizze zur Berechnung des Wasseraustausches zwischen Grund- und Oberflächenwasserspeichern mit dem Leakage-Ansatz; Für die Symbole gilt die Legende zu den Gleichungen Gl. 3-3 und Gl. 3-4.

Das Modell berechnet eine mittlere Geländehöhe des Oberflächenwasserspeichers als Differenz zwischen Wasserstand und mittlerer Wassertiefe. Durch Vergleich der so ermittelten, mittleren Geländehöhe mit der Höhe des Wasserspiegels im Grundwasserspeicher muss entschieden werden, welche der beiden Leakage-Gleichungen Gl. 3-3 und Gl. 3-4 zur Berechnung der Flussrate verwendet wird. Die folgende Abbildung verdeutlicht dieses Problem.

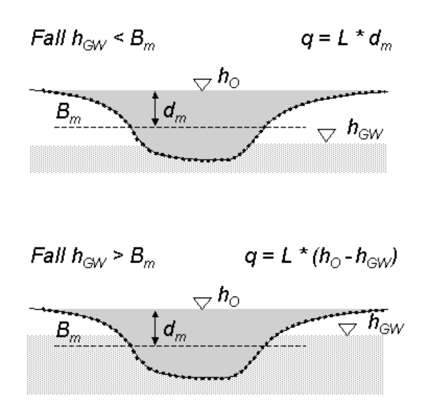


Abb. 3-7: Auswahl der verwendeten Leakage-Gleichung bei der Berechnung der Versickerung aus dem Oberflächenwasserspeicher in den Grundwasserspeicher in Abhängigkeit von mittlerer Geländehöhe (B_m) und Höhe des Grundwasserspiegels. Das Symbol d_m kennzeichnet die mittlere Wassertiefe. Übrige Symbole siehe Gl. 3-3 und Gl. 3-4.

Die Darstellung zeigt, dass im Falle eines stärkeren Oberflächenreliefs Bereiche auftreten können, in denen noch eine Versickerungszone existiert, während an anderer Stelle bereits eine direkte Verbindung zwischen Grund- und Oberflächenwasser besteht. Diese räumliche Variabilität kann im GS-Modell nicht berücksichtigt werden. Pragmatisch wird deshalb anhand des Vergleiches von Grundwasserhöhe und mittlerer Geländehöhe diejenige Leakage-Gleichung ausgewählt, die für den überwiegenden Teil der Speicherfläche gültig ist. Im Falle eines nahezu ebenen Reliefs tritt das geschilderte Problem nicht auf, da die als Differenz zwischen Wasserstand im Oberflächenwasserspeicher und der mittleren Wassertiefe berechnete Geländehöhe für die gesamte Speicherfläche repräsentativ ist.

Der in den Gleichungen Gl. 3-3 und Gl. 3-4 enthaltene Leakage-Faktor mit der Dimension [1/Zeit] muss im Zuge der Modellkalibrierung ermittelt oder anhand hydraulischer Leitfähigkeiten abgeschätzt werden. Der Einfluss des Matrixpotentials in der ungesättigten Zone auf den zeitlichen Verlauf der Versickerung kann in der derzeitigen Version des GS-Modell nicht abgebildet werden.

Randbedingungen

Mittels Randbedingungen lassen sich Zuflüsse in das modellierte Systems bzw. Abflüsse aus dem System in die (nicht modellierte) Umgebung abbilden. Das GS-Modell kennt drei Typen von Randbedingungen:

- Durchfluss-Randbedingungen (a)

- Wasserstandsabhängige Fluss-Randbedingungen (b)
- Verdunstung von der Wasseroberfläche (c)

Allen drei Randbedingungs-Typen ist gemeinsam, dass sie zeitlich variabel sein können. Die Randbedingungsgrößen müssen deshalb vom Modell in Form von Zeitreihen verwaltet werden. Eine bestimmte zeitliche Auflösung oder Äquidistanz der Werte wird nicht gefordert. Die Randbedingungsgrößen für beliebige Zeitpunkte werden während der Modellsimulation durch lineare Interpolation ermittelt. Die Zeitreihen müssen den gesamten Zeitraum der Simulation abdecken.

a) Durchfluss-Randbedingungen

Dies ist der einfachste Typ einer Randbedingung. Hierbei kann einem Speicher ein zeitlich variabler Zu- oder Abfluss zugeordnet werden. Wasserstand oder Speichervolumen des angebundenen Speichers sind dabei für die Zu- oder Abflussrate ohne Bedeutung.

Die Verwendung unplausibler Zu- oder Abflussraten äußert sich in einem Abbruch der Simulation, wenn:

- die Abflussrate bei dem im Speicher befindlichen Volumen nicht realisiert werden kann („Speicher-Leerlauf“)
- der Zufluss das Volumen des Speichers derart anwachsen lässt, dass der Gültigkeitsbereich der für den Speicher verwendeten $H=f(V)$-Speicherfunktionen überschritten wird

b) Wasserstandsabhängige Fluss-Randbedingungen

Bei Verwendung dieses Typs von Randbedingung wird die Flussrate zwischen dem angeschlossenen Speicher und der Umgebung des Simulationsgebietes als Funktion des Wasserstandes in dem Speicher und einem externen, zeitlich variablen Wasserstand beschrieben. Während der eine Wasserstand also vom GS-Modell selbst simuliert wird, handelt es sich bei dem anderen um eine definierte Vorgabe (Randbedingungsgröße).

Eine Wasserstandsabhängige Fluss-Randbedingung ist definiert über:

- die Information über den angeschlossenen Speicher,
- eine Zeitreihe des den Durchfluss beeinflussenden, externen Wasserstandes,
- eine Vorschrift, nach welcher der Zu- oder Abfluss des Speichers als Funktion der beiden Wasserstände ermittelt werden kann.

Um die Anwendungsmöglichkeiten dieses Randbedingungstyps zu erweitern, können darüber hinaus:

- Zeitpunkte definiert werden, zu denen die Randbedingung aktiv bzw. inaktiv wird,
- eine maximale Durchflussrate festgelegt werden, die – auch wenn dies aufgrund des Wasserstandsgefälles möglich wäre – nicht überschritten werden soll.

Damit ist es möglich, Steuerungsmaßnahmen (z.B. durch ein Wehr) abzubilden.

Die Funktion zur Berechnung des Durchflusses aus zwei Wasserständen muss extern ermittelt und dem GS-Modell in Form einer Tabellenmatrix zur Verfügung gestellt werden.

In der Realität wird häufig der Fall eintreten, dass der vorzugebende, externe Wasserstand selbst durch die Flussrate zwischen Speicher und externem Gewässer beeinflusst wird. Das ist immer dann der Fall, wenn Durchfluss oder Volumen des externen Gewässers gering im Vergleich zu der vom Modell simulierten Flussrate sind. Soll zum Beispiel die Anbindung einer Retentionsfläche an einen Fluss simuliert werden, dann kann die Wasserstandsganglinie des Flusses als Randgröße vorgegeben und der Abfluss in die Retentionsfläche vom Modell berechnet werden. Ist die seitliche Ausleitung aus dem Fluss jedoch groß im Vergleich zu dessen Durchfluss, dann wird die vorgegebene Wasserstandsganglinie ungültig.

In solchen Fällen ist es nötig, die Berechnung mit dem GS-Modell iterativ vorzunehmen. In dem angeführten Beispiel würde dies bedeuten, dass die Ausleitung zunächst unter Verwendung der unkorrigierten Wasserstandsganglinie des Flusses simuliert wird. Der Abfluss in die Retentionsfläche wird dadurch überschätzt. Im nächsten Schritt wird nun mit Hilfe der errechneten seitlichen Abflussraten die Wasserstandsganglinie des Flusses (nach unten) korrigiert. Mit dieser korrigierten Wasserstandsganglinie als Randbedingung wird eine erneute Simulation mit dem GS-Modell vorgenommen, wobei die berechnete seitliche Ausflussrate nun etwas unterschätzt wird. Nach einigen derartigen Iterationsschritten, ergibt sich sowohl für die seitliche Ausleitung als auch für den Wasserstand des Flusses ein stabiler zeitlicher Verlauf (Konvergenz).

c) Verdunstung von der Wasseroberfläche

In der aktuellen Version des GS-Modells wird davon ausgegangen, dass die Verdunstung aller simulierten Wasserflächen mit einer identischen Rate beschrieben werden kann. Speicherspezifische Verdunstungsraten wurden (aufgrund der Größe des Simulationsgebietes) bei der bisherigen Anwendung nicht benötigt. Der Verdunstungsverlust eines Speichers in einem Zeitschritt ergibt sich aus dessen wasserstandsabhängiger Wasserfläche und der vorgegebenen Verdunstungsrate.

Die Verdunstungsrate wird dem GS-Modell in Form einer Zeitreihe zur Verfügung gestellt. Es ist zu beachten, dass – abweichend von allen sonstigen Ein- und Ausgabegrößen – die Werte in der Einheit [mm/d] statt [m³/s] erwartet werden.

3.1.2.2 Zeitabhängige Bilanzierung der Zu- und Abflüsse (Neuzeller Niederung)

Für die Berechnung der Wasserstandsentwicklung in der Neuzeller Niederung wurde nach einer Analyse des Digitalen Geländemodells, der Abschätzung der im Flutungsfall einströmenden Wassermengen und der Randbedingungen für die Entleerung der Niederung ein Rechenprogramm entwickelt, das die Zu- und Abflüsse in zeitlich kurzen Intervallen bilanziert und auf Wasserstände in der Niederung umrechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass das einströmende Wasser in einer im Verhältnis zur Gesamtdauer der Überflutung kurzen Zeit zu den tiefer gelegenen Polderbereichen strömt und das nachströmende Wasser zu einem langsamen Anstieg der weitgehend ausgespiegelten Wasseroberfläche führt. Die Annahme einer Ausspiegelung konnte durch eine hydraulische Modellierung im Falle des Einstaus vom Unterwasser bestätigt werden, und beim Durchströmen der Niederung stellte sich selbst bei HHW nur ein sehr geringes Wasserspiegelgefälle (I = 0,000003) ein (PGS 2004).

Die Ermittlung des Wasseraustausches zwischen Oder und Niederung wird analog dem Gekoppelte-Speicher-Modell (Kapitel 3.1.2.1) vorgenommen. Im Unterschied zu diesem Modell wird jedoch die Flussrate nicht aus Tabellen entnommen, sondern es wird als Kontrollbauwerk ein breitkroniges Wehr angesetzt und der Durchfluss nach der für einen unvollkommenen Überfall modifizierten Formel von POLENI (z.B. BOLLRICH und PREIßLER 1992) berechnet:

$$Q = c \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot \mu \cdot b \cdot h_O^{3/2} \qquad \text{Gl. 3-5}$$

Q: *Durchfluss*

h_O: *Überfallhöhe (Wasserstand des Oberwassers über der Wehrkrone)*

b: *Breite des Fließquerschnittes*

μ: *Überfallbeiwert*

c: *Abminderungsfaktor für den unvollkommenen Überfall*

Auch die Wasserstands-Volumen-Beziehungen gehen nicht in Tabellenform sondern in einer durch Regressionsanalyse erzeugten funktionalen Darstellung in das Rechenprogramm ein.

Für den Überfallbeiwert in Gl. 3-5 wird nach RÖSSERT (1984) μ = 0,49 angesetzt. Der Abminderungsfaktor für den unvollkommenen Überfall ist abhängig von der Ausbildung der Wehrkrone, der Wehrhöhe

und vor allem vom Verhältnis h_U/h_O, wobei h_U der Wasserstand des Unterwassers über der Wehrkrone ist. Er wird für $h_U/h_O < 0{,}97$ nach der von SCHMIDT (1957) angegebenen Formel

$$c(t) = \sqrt{1-\left(\frac{h_U}{h_O}\right)^{16}} \qquad \text{Gl. 3-6}$$

berechnet.

Zur Berechnung der Wasserstandsentwicklung im Polder wird zunächst die Überfallhöhe h_O für jeden Zeitschritt aus der für den Standort des Bauwerkes interpolierten Wasserstandsganglinie $W_{Oder}(t)$ berechnet. Aus der nach Gl. 3-5 ermittelten eingeströmten Wassermenge wird dann unter Benutzung der Wasserstands-Volumen-Beziehung des Polders der polderseitige Wasserstand $W_{pold}(t)$ bzw. h_U ermittelt und für den nächsten Zeitschritt verwendet. Nach der Füllung des Polders wird ein Gleichstand zwischen Oder und Polder erreicht, es kann dann zum Pendeln zwischen Zustrom und Ausstrom kommen. Zur Abschwächung dieser bei gewählten Zeitschritten von 1 h mitunter stärkeren Schwingungen erwies es sich als günstiger, c für $h_U/h_O \geq 0{,}97$ anstelle nach Gl. 3-6 durch eine lineare Interpolation zu ermitteln.

Der nach dem Scheiteldurchgang einsetzende Rückstrom des Wassers vom Polder in die Oder wird nach dem gleichen Algorithmus berechnet.

Für den auch zu betrachtenden Fall zweier Bauwerke, von denen eines am oberen Rand und das andere am unteren Rand der Niederung positioniert ist, treten bei dieser Methode Fehler auf, da die Auswirkung der Einströmung am oberen Bauwerk auf den Wasserstand der Oder am unteren Bauwerk vernachlässigt wird. In diesen Fällen können mit dem hydrodynamischen Modell WAVOS (Kapitel 3.1.2.3) Kontrollrechnungen für den Durchfluss an den Bauwerken durchgeführt werden.

3.1.2.3 Erweiterung des Hydrodynamischen Modells WAVOS (Neuzeller Niederung)

Für die Wasserstandsvorhersage der Oder zwischen den Pegeln Ratzdorf und Gartz wird im Landesumweltamt Brandenburg das von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) entwickelte eindimensionale hydrodynamische Modell WAVOS Grenzoder (RADEMACHER 2003) verwendet.

Der hydrodynamische Modellansatz beruht auf der Lösung der vollständigen Saint-Venant-Gleichungen, wobei der Einfluss der Reibung und Turbulenz mittels des Ansatzes von Darcy-Weisbach über die Fließgeschwindigkeit $v=Q/A$ parametrisiert wird. Die Berechnung des Reibungsbeiwertes λ erfolgt nach Prandtl-Colebrook unter der Annahme hydraulisch rauer Verhältnisse aus der äquivalenten Sandrauigkeit k. Die zum Teil großen Vorlandflächen der Oder werden durch einen in mehrere Fließzonen gegliederten Querschnitt berücksichtigt, die ausgedehnten Buhnenfelder oberhalb der Warthemündung durch zusätzliche Gleichungen für die Buhnenfläche, den Retentionsraum und die darin herrschende Wasserspiegelhöhe.

Die Geometrie des Fließquerschnittes wird durch Querprofilpeilungen des WSA Eberswalde für den Flussschlauch und durch ein hochaufgelöstes DGM aus Laserscan-Daten für die Vorlandbereiche beschrieben.

Zur Lösung der Modellgleichungen werden die an den Modellrändern gemessenen oder vorhergesagten Zuflüsse und die am unterstromigen Rand vorhergesagte Wasserspiegelhöhe als Randbedingungen vorgegeben.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Neuzeller Niederung – bisher nicht Bestandteil dieses hydrodynamischen Modells – als Polder mit je einem variablen Einlass- und Auslassbauwerk in das Modell eingefügt (Abb. 3-8).

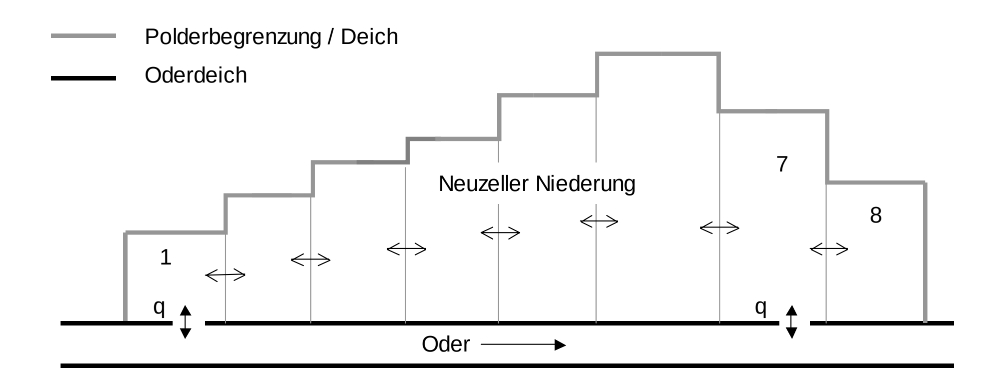


Abb. 3-8: Oder mit Neuzeller Niederung und zwei Einlass-/Auslassbauwerken (schematisch)

Dadurch wird es zum einen möglich, die infolge einer Flutung der Neuzeller Niederung für die Unter- und Oberlieger veränderten Wasserstände der Oder zu simulieren, zum anderen können die veränderten Wasserstände der Oder für die Berechnung der Ein- und Ausströmraten an den Bauwerken selbst berücksichtigt werden.

Für eine grobe Nachbildung der Poldergeometrie und des Gefälles im Polder wird die Neuzeller Niederung unter Berücksichtigung der Wasserstands-Volumen-Beziehung hierfür durch acht miteinander verbundene Segmente mit unterschiedlicher Sohlhöhe dargestellt. Der Zu- und Abfluss q erfolgt durch je ein Bauwerk am oberen und am unteren Ende der Niederung nach den in Kapitel 3.1.2.2 angegebenen Formeln. Die Lage, Breite und Schwellenhöhe der Bauwerke wird in einer Parameterdatei definiert, ebenso wie die Zuordnung der Bauwerke zu den Poldersegmenten. In einer anderen Datei kann das Öffnen bzw. Schließen der Bauwerke und auch einzelner Poldersegmente zeitlich festgelegt werden, so dass insgesamt verschiedene Flutungs- und Deichvarianten mit dem Modell simuliert werden können.

3.1.3 Erhebung der Flächenbetroffenheit

Die Flächenbetroffenheit bezeichnet die räumliche Verteilung der Andauer des Überstaus auf den Polderflächen. Zu ihrer Erhebung werden in einem ersten Schritt die Überflutungsflächen je Zeiteinheit ermittelt, aus denen in einem zweiten Schritt die Flächenbetroffenheit für die Gesamtdauer des Überstaus abgeleitet wird.

Aus der Simulation der Wasserstandsentwicklung in den Poldern nach den in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Methoden ergeben sich Wasserstands-Ganglinien W_{Polder} (t). Auf Grundlage des zeitabhängigen Wasserstandes und des Digitalen Geländemodells kann je Zeitschritt die zugehörige Überflutungsfläche ermittelt werden. Unter der Annahme der Ausspiegelung umfasst die Überflutungsfläche das Gebiet, dessen Geländehöhe unterhalb des dem Zeitschritt zugehörigen Wasserstandes liegt. Es wird von der Wasser-Land-Linie umgrenzt. Analog zur Bestimmung der Wasserstands-Volumen-Beziehungen ergeben sich hierbei dann Fehler, wenn das Geländemodell größere durch Reliefstrukturen isolierte Senken aufweist. Um dieser Fehlerquelle zu begegnen, müssen bei der Ermittlung der Überflutungsflächen neben der Geländehöhe auch die Lage des Polderein- und -auslasses und die Höhenverhältnisse benachbarter Rasterzellen des Geländemodells berücksichtigt werden. Abb. 3-9 verdeutlicht den Unterschied zwischen beiden Methoden der Ermittlung von Überflutungsflächen während einer Einströmphase.

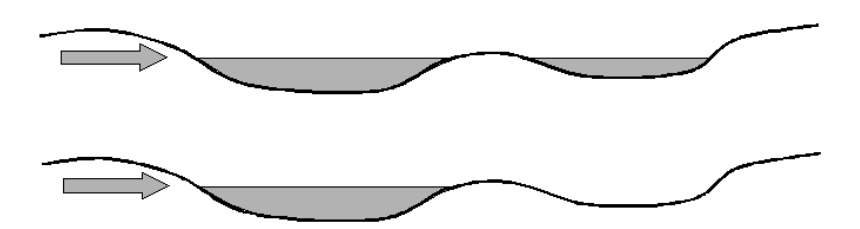


Abb. 3-9: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Überflutungsfläche auf Basis der Höhenlage (oben) und unter zusätzlicher Einbeziehung Lage der Fläche im Polder (unten)

Bei der Ermittlung der Überflutungsflächen in der Unteren Havelniederung während des Hochwassers 2002 wurde der Ansatz angewandt, der sowohl die Höhenlage als auch die Lage jeder Fläche (Rasterzelle) im Polder einbezieht.

Während die Überflutungsflächen die jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt betroffenen Gebiete darstellen, ergibt sich die räumliche Verteilung der Überstaudauer (Flächenbetroffenheit) aus der Überlagerung der Überflutungsflächen jedes Zeitschrittes für die Gesamtdauer der Überflutung. Flächen gleicher Überflutungsdauer, aggregiert zu angemessenen Zeitintervallen, werden dabei jeweils zu Klassen zusammengefasst.

3.2 Untere Havelniederung

3.2.1 Betrachtete Hochwasser- und Flutungsszenarios

3.2.1.1 Hochwasser- und Flutungsszenarios

In Abstimmung mit den zuständigen Wasserwirtschaftsbehörden und den Projektpartnern wurden auf der Grundlage des bisherigen Kenntnisstandes die zu untersuchenden Hochwasser- und Flutungsszenarios festgelegt (Tab. 3-2). Diese Szenarios und sich ergebende Änderungen gegenüber den im Projektantrag benannten Szenarios werden im Folgenden kurz erläutert.

Tab. 3-2: Übersicht der untersuchten Hochwasser- und Flutungsszenarios

Hochwasserszenario		Flutungsoption	
HSZ-H 1	Hochwasserereignis vom August 2002		
HSZ-H 2	Extrem-Hochwasserereignis	FOP-H 1 FOP-H 2	ungesteuerte Flutung gesteuerte Flutung
HSZ-H 3	HW 2	„Ökologische Flutung“	

Neben der Betrachtung des Hochwassers vom August 2002 als Referenzereignis (HSZ-H 1) soll ein Extrem-Hochwasserszenario (HSZ-H 2), wie im Projektantrag vorgesehen, für eine ungesteuerte (FOP-H 1) und gesteuerte (FOP-H 2) Flutung untersucht werden. Die Erstellung dieses extremen Hochwasserszenarios ist Inhalt des folgenden Kapitels 3.2.1.2.

Zur Bestimmung der Jährlichkeit des Hochwassers 2002 wurde durch das LUA Brandenburg (KUMKE 2003) der theoretische Hochwasserscheitel am Pegel Wittenberge rekonstruiert, der ohne Kappung aufgetreten wäre. Nach der aus den HQ(a)-Werten des Zeitraumes 1900 bis 2002 ermittelten Verteilungsfunktion (Weibull-Verteilung, Anpassung mittels wahrscheinlichkeitsgewichteter Momentenmethode) wurde für das Hochwasserereignis 2002 eine Jährlichkeit von ca. 180 Jahren ermittelt. Diese Jährlichkeit entspricht einem Abfluss von 4225 m^3/s bzw. einem Wasserstand von 770 cm a. P. Wittenberge. Das Extrem-Hochwasserszenario für die Elbe soll auf dem Hochwasserereignis 2002 basieren und von der Annahme ausgehen, dass es nicht zum Auftreten von Deichbrüchen im oberstromigen Flussabschnitt gekommen wäre. Aufgrund dieser Definition wird für das Extrem-Hochwasserereignis ebenfalls von einem Wiederkehrintervall von 180 Jahren ausgegangen.

Zusätzlich zur Untersuchung von Extrem-Hochwassern wurde die Option „Ökologische Flutung" in die Betrachtung aufgenommen. Dabei bezieht sich das Szenario HSZ-H 3 auf ein zweijähriges Hochwasser. Ausgehend von den Flächen, die bei einem HW2 betroffen sind, soll die Möglichkeit der Entwicklung angepasster Biozönosen und auch die mit der regelmäßigen Überflutung der tiefer gelegenen Polderbereiche notwendigen Nutzungsanpassungen und Kostenfragen diskutiert werden.

Im Gebiet der Elbe und Unteren Havel stellen Eishochwasser eine erhebliche Gefahr dar, da Eisstau schon bei geringen Durchflüssen zu kritischen Wasserständen führen kann und zudem eine Gefahr durch Schäden an den Deichanlagen und durch das Festfrieren von Wehren und Flutungsbauwerken besteht. Verwiesen sei hier auf das Winterhochwasser im Januar 2003, bei dem die Befürchtung bestand, nach einem Abschluss der Havel die dann möglicherweise eingefrorenen Wehre nicht mehr öffnen zu können.[1] Generell ist das entwickelte Gekoppelte Speicher Modell für die Simulation beliebiger Hochwasserszenarios einsetzbar. Da jedoch Faktoren wie Eisstau und Festfrieren von Bauwerken nicht im GS-Modell abgebildet werden, wurde von einer Betrachtung von Eishochwasser für das Untersuchungsgebiet Untere Havel abgesehen.

3.2.1.2 Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios (HSZ-H 2)

Laut Antrag des Projektes ist neben einer Analyse des Hochwasserereignisses vom August 2002 das Szenario eines noch extremeren Elbehochwassers in seiner Wirkung auf den Retentionsraum der Unteren Havelniederung zu untersuchen. Hierbei kommt es darauf an, nachzuweisen

- welche Schäden durch eine Inanspruchnahme der Flutungspolder an der Unteren Havel für den Wasserrückhalt auftreten würden,
- welche Auswirkungen auf die Elbeunterlieger zu erwarten sind, wenn die Untere Havelniederung (a) als Retentionsraum genutzt bzw. (b) nicht genutzt würde.

Die in der Unteren Havelniederung im Falle einer Flutung zu erwartenden Schäden können für das Szenario nur auf Basis einer modellbasierten Prognose ermittelt werden. Das Ziel der Entwicklung eines Extrem-Hochwasserszenarios besteht somit im Wesentlichen darin, die für eine Simulation von Füllung und Entleerung des Retentionsraumes mit Hilfe des GS-Modells (siehe Kapitel 3.1.2.1) notwendigen Anfangs- und Randbedingungen festzulegen. Gleichzeitig wird durch das Szenario bestimmt, mit welchen Auswirkungen am Unterlauf der Elbe im Falle einer unterlassenen Scheitelkappung gerechnet werden müsste.

In den folgenden Abschnitten wird die Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios für die Untere Havel schrittweise dokumentiert. Als Leitfaden dient hierbei Abb. 3-10, die die wesentlichen Arbeitsschritte aufzeigt. Ergänzend zur Erläuterung der Rand- und Anfangsbedingungen für die Simulation mit dem GS-Modell wird eine statische Bilanzierung des zu speichernden Abflusses und des vorhandenen Hochwasserschutzraums durchgeführt. Diese Bilanzierung bildete die Grundlage für die Auswahl eines solchen Szenarios, welches mit dem momentan vorhandenen Hochwasserschutzraum beherrscht werden könnte und sich daher grundsätzlich für eine dynamische Simulation mit dem GS-Modell eignet.

Wie jedes Szenario ist das nachfolgend dokumentierte Hochwasser-Szenario als ein Bündel begründeter Annahmen zu verstehen. Zwangsläufig sind an der einen oder anderen Stelle Festlegungen zu treffen, die sich nicht vollständig wissenschaftlich ableiten lassen und daher auch anders hätten getroffen werden können. Auf eine Verdeutlichung und Begründung der getroffenen Annahmen wird daher besonderer Wert gelegt.

[1] Mündliche Mitteilung Herr Krone (LUA Brandenburg) 03/2003

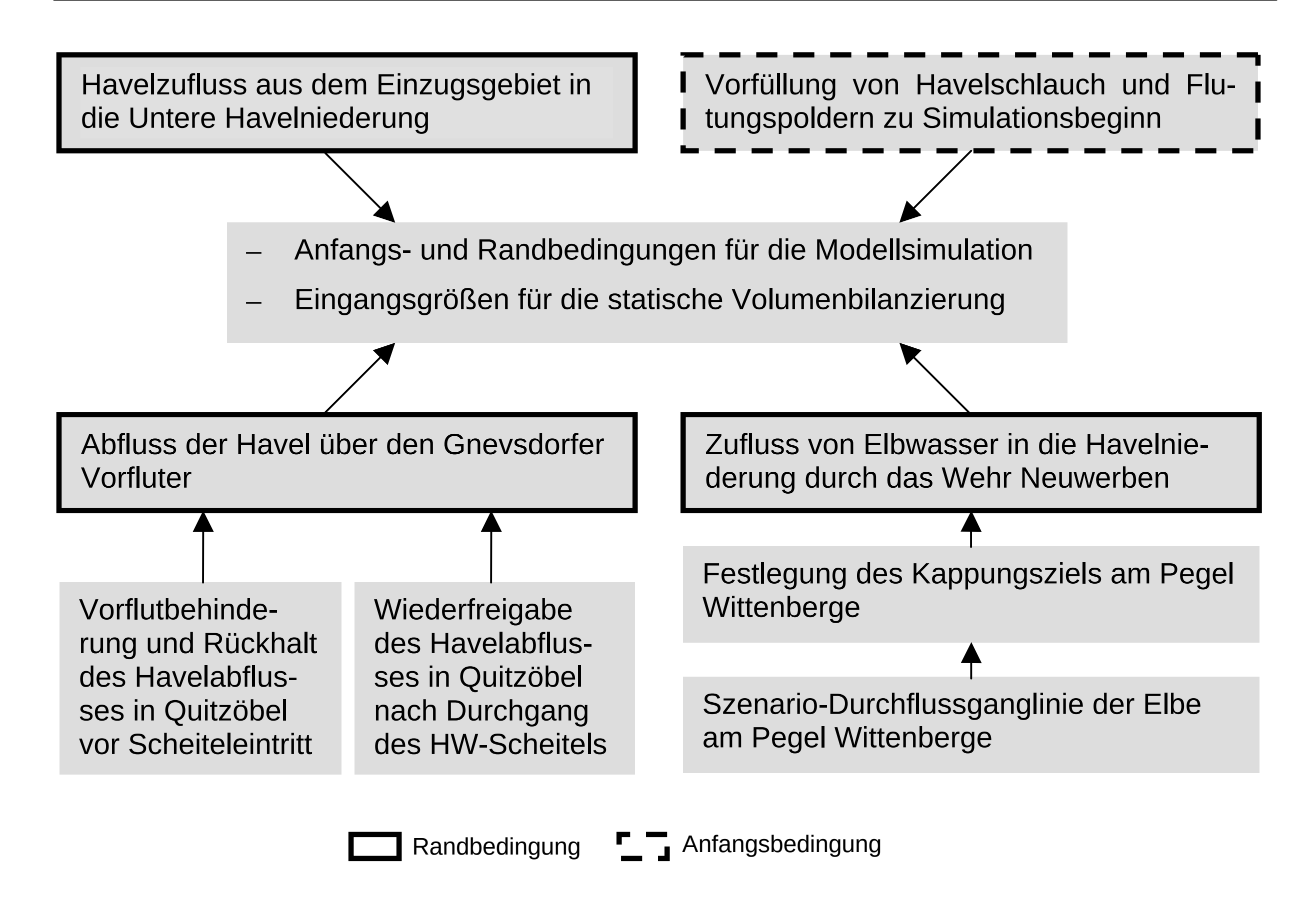


Abb. 3-10: Schema zur schrittweisen Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios für die Untere Havel aus den relevanten hydrologischen Informationen

a) Vorfüllung von Havelschlauch und Poldern

Die Anfangswasserstände in den Stauhaltungen der Havel und den Flutungspoldern legen das in der Unteren Havelniederung effektiv verfügbare Retentionsvolumen fest. Für den Havelfluss bietet es sich an, von den jahreszeitlich variierenden Stauzielen auszugehen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass

- die Stauziele aufgrund einer hoher Eigenwasserführung der Havel überschritten sein können
- die festgelegten Stauziele bereits vor dem vollständigen Abschluss der Havel gegenüber der Elbe überschritten werden (Vorflutbehinderung aufgrund des geringen Gefälles im Gnevsdorfer Vorfluter).

Um eine eigenständige Berechnung der Ausgangswasserstände im Havelschlauch zu umgehen, wurde für das Extrem-Hochwasserszenario davon ausgegangen, dass unmittelbar vor dem vollständigen Abschluss der Havel gegenüber der Elbe identische Ausgangswasserstände vorliegen, wie beim Ereignis im August 2002 (18.08.02 8:30 Uhr). Wie aus Tab. 3-3 zu erkennen ist, lagen die Wasserstände zu diesem Zeitpunkt schon deutlich über der festgelegten Sommerstauhöhe (STAUBEIRAT 2002) und sogar deutlich über den maximalen Winterstauhöhen.

Tab. 3-3: Festgelegte Sommerstauziele und maximale Winterstauziele (Staubeirat 2002) im Vergleich mit den Wasserständen zu Beginn des Vollabschlusses der Havel im August 2002

Stauhaltung bzw. Pegel	**geplanter Sommerstau am 18.08.02 (cm a. P. und müNN)**	**maximaler Winterstau (cm a. P. und müNN)**	**Wasserstand am 18.08.2002 8:30 am Bezugspegel [müNN]**
Grütz	140 (25,23)	180 (25,63)	25,72 Grütz OP
Garz	200 (24,18)	240 (24,58)	25,00 Garz OP
Pegel Havelberg	130 (22,87)	230 (23,77)	24,50 Havelberg St.
Quitzöbel			24,49 Quitzöbel OP

Bezüglich der Flutungspolder wird – zumindest für die Option der gesteuerten Flutung ohne Vorfüllung (siehe Kapitel 3.2.1.3) – von einem leeren Zustand ausgegangen. Als Ausgangswasserstand wurde daher die minimale Geländehöhe angesetzt.

b) Zufluss aus dem Einzugsgebiet der Havel

Geeigneter Bezugspegel für den Zufluss aus dem Einzugsgebiet der Havel ist Rathenow bzw. die Durchflussmessstelle Albertsheim, die an der oberen Grenze des Flussabschnittes liegt, der unmittelbar durch eine Flutung mit Elbwasser beeinflusst wird. Mögliche Rückhaltemaßnahmen in den Stauhaltungen oberhalb Rathenows sowie im übrigen Havel- und Spree-Einzugsgebiet sind in den hier gemessenen Durchflüssen bereits enthalten.

Um eine Interpretation von Simulationsergebnissen für das Extrem-Hochwasserszenario zu erleichtern, erschien es sinnvoll, einen stationären Durchfluss über die gesamte Dauer der Betrachtung anzusetzen. Extremwerte (z.B. HQ_{100}) eignen sich hierfür nicht. Um die Auswirkungen des Havelzuflusses zu verdeutlichen und ein im Sinne der Aufgabenstellung geeignetes Szenario auswählen zu können, wurden sämtliche Berechnungen bis hin zur statischen Volumenbilanzierung mit unterschiedlichen Annahmen über den Havelzufluss durchgeführt, die– aus Gründen der Übersichtlichkeit – hier nicht aufgeführt sind. Unter Berücksichtigung der Annahme über die Anfangswasserstände im Havelschlauch und der Ergebnisse der statischen Volumenbilanzierung für verschiedene Durchflüsse wurde für die Simulationen einer Flutung mit dem GS-Modell ein stationärer Wert von 140 m³/s bezogen auf Rathenow angesetzt. Wie aus Abb. 3-11 entnommen werden kann, lag im August 2002 in den Tagen vor dem vollständigen Abschluss der Havel bis zur Öffnung des Wehres in Neuwerben ein mittlerer Durchfluss dieser Größenordnung vor (vgl. LUA 2002). Die Übernahme von Havel-Wasserständen des Ereignisses 2002 als Anfangsbedingung erscheint daher zusammen mit diesem Durchfluss plausibel. Laut Gewässerkundlichen Jahrbuch 2001 (siehe auch STAUBEIRAT 2002) liegt der MQ-Wert für den Monat August bei etwa 50 m³/s. Der angesetzte Durchfluss von 140 m³/s entspricht bereits etwa einem MHQ im Frühjahr bezogen auf die Reihe 1952–2000.

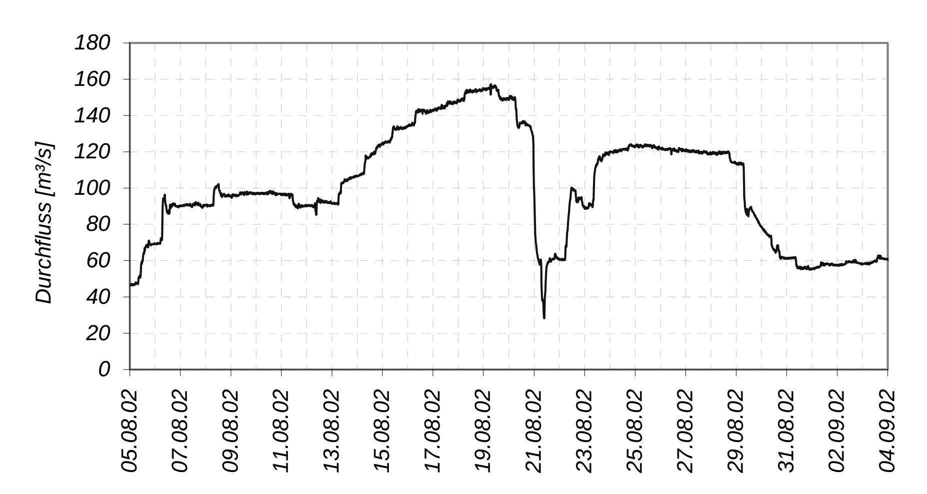


Abb. 3-11: Durchfluss der Havel an der Messstelle Albertsheim vor und während der Flutung der Unteren Havel im Jahr 2002

Für die Belastung der Elbe mit Havelwasser ist nicht der Durchfluss in Rathenow, sondern der in Havelberg entscheidend. Die aktuelle Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) geht von einer Zunahme zwischen beiden Pegeln von 20 % aus. Aus dem Anwachsen der Einzugsgebietsfläche zwischen Rathenow und Havelberg ergäbe sich bei Annahme identischer Abflussspenden der Teileinzugsgebiete eine Zunahme des Durchflusses um ca. 25 %. Aus der Differenz der MQ-Werte für Rathenow und Havelberg lässt sich – jahreszeitlich schwankend – eine Zunahme zwischen 10 und 30 % ableiten. Übernimmt man die 20 %-Abschätzung der WBV dann entspricht die Annahme eines Durchflusses von 140 m³/s am Pegel Rathenow einem Durchfluss von 168 m³/s am Pegel Havelberg.

Die Annahme einer zeitlich konstanten Zunahme des Durchflusses zwischen Rathenow und Havelberg beinhaltet vermutlich eine tendenzielle Überschätzung. Ursache hierfür ist, dass sich während der Flutung im Unterlauf der Havel derart hohe Wasserstände einstellen, dass seitliche Zuflüsse rückgestaut werden und von einer starken Infiltration von Oberflächenwasser in den Grundwasserkörper ausgegangen werden muss.

c) Durchfluss-Szenario für die Elbe am Pegel Wittenberge

Laut Projektantrag ist hinsichtlich der Elbe von einem Hochwasserszenario auszugehen, dessen Durchfluss den des Sommerhochwassers 2002 übertrifft. Dahinter steht die Annahme, dass im Ober- und Mittellauf der Elbe geringere Wassermengen als im August 2002 durch Deichbrüche entzogen werden. Ein solches Szenario kann derzeit nicht hydrologisch exakt abgeleitet werden, weil davon ausgegangen werden muss, dass das Nichteintreten eines Deichbruchs an einer Stelle zu Deichbrüchen oder Überströmungen an anderer Stelle geführt hätte. Da die Aufgabe nicht in einer exakten Rekonstruktion einer unbeeinflussten Ganglinie des Sommerhochwassers 2002 besteht, sondern vielmehr eine begründete Annahme über eine mögliche Durchflussganglinie zu treffen ist, wurde diese unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien definiert:

- Der Durchfluss im Scheitel soll den Maximaldurchfluss des Ereignisses von 2002 um einen Betrag übertreffen, der durch fehlende Retentionsereignisse oberhalb der Havelmündung erklärt werden könnte.
- Das Szenario soll durch eine Steuerung am Wehr Neuwerben so beherrschbar sein, dass die Option, die Havelniederung nicht mit Elbwasser zu fluten, theoretisch besteht und eine Flutung andererseits in kontrollierter Weise erfolgen könnte. Das setzt voraus, dass im Falle einer unterlassenen Öffnung des Wehres Neuwerben dieses nicht im gesetzten Zustand massiv überströmt oder gar zerstört würde.

Als Grundlage für das zu erstellende Szenario wurde die Durchflussganglinie am Pegel Wittenberge vom August 2002 verwendet. Diese musste um die Wassermengen korrigiert werden, die im Bereich des Scheitels über das Wehr Neuwerben entzogen worden sind. Entsprechende Berechnungen wurden sowohl von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) als auch am Landesumweltamt Brandenburg angestellt. Es wurde auf den letztgenannten Rechnungen aufgebaut, die eigenen Abschätzungen nahezu entsprechen.

Für die Erstellung eines leicht nachvollziehbaren Szenarios bot es sich an, die Durchflüsse von Elbe und Havel vollständig zu separieren, um über beide voneinander unabhängige Annahmen treffen zu können. Deshalb wurden für den Zeitraum vor dem vollständigen Abschluss der Havel die in Havelberg gemessenen Durchflüsse vom Elbe-Durchfluss subtrahiert. Ebenso wurde ab dem Öffnen des Wehres in Quitzöbel (Wiederfreigabe des Havelabflusses nach Vollabschluss) der Elbdurchfluss um die abgegebenen Havelwassermengen (Messwerte vom Wehr Quitzöbel bzw. der Messstelle Havelberg) vermindert.

Nach Addition der am Wehr Neuwerben entzogenen Mengen und Subtraktion des Havelzuflusses wurde schließlich eine Durchflussganglinie der Elbe ohne jeglichen Havelzufluss und ohne Einfluss einer Scheitelkappung erhalten. Deren Scheiteldurchfluss liegt bei 4165 m^3/s, was nach WBV (1993) einem Wasserstand von 766 cm a. P. Wittenberge entspräche. Durch das LUA (KUMKE 2003) wurden nur geringfügig abweichende Werte (Q_{max}= 4225 m^3/s, W_{max}= 770 cm a .P. Wittenberge) ermittelt. Für die nachfolgende Schadenermittlung in Wittenberge wird von den Berechnungen des LUA ausgegangen.

Für das Extremszenario wurde eine Steigerung des maximalen Durchflusses der Elbe um 275 m^3/s gegenüber dem Ereignis 2002 angenommen. Der sich ergebende Scheiteldurchfluss von 4440 m^3/s entspräche nach o. g. Durchflusstafel einem maximalen Wasserstand von 790 cm a. P. Wittenberge. Da detaillierte Berechnungen für die Elbe selbst nicht vorgesehen waren, wurde die Szenarioganglinie pragmatisch durch eine Skalierung der o. g., um Scheitelkappung und Havelzufluss bereinigten Durchflussganglinie vom August 2002 erzeugt. Hierfür wurde diese über den gesamten Zeitraum entsprechend des Verhältnisses von angestrebtem Scheitelabfluss (4440 m^3/s) zum vorgefundenen Scheitelabfluss (4165 m^3/s) hochskaliert. Diese Transformation bewirkt neben einer Erhöhung des HW-Scheitels zwangsläufig auch eine Zunahme der Scheitelfülle.

In Abb. 3-12 wird die beobachtete Durchflussganglinie vom August 2002 im Vergleich mit der um Scheitelkappung und Havelzufluss bereinigten Ganglinie und der durch o. g. Skalierung gewonnenen Szenarioganglinie gezeigt.

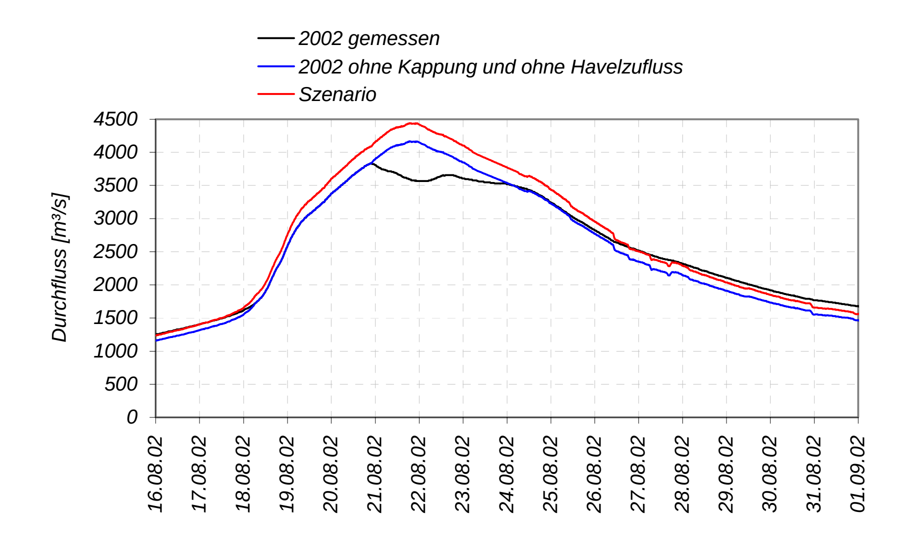


Abb. 3-12: Durchflussganglinie des Extremszenarios für Wittenberge und Ganglinie des Ereignisses 2002

Die Andauer des so generierten Hochwasserscheitels wurden mit den Scheiteln extremer historischer Hochwasser der Elbe am Pegel Wittenberge (Reihe 1899–2001) verglichen. Dabei wurden sowohl Sommer- als auch Winterhochwasser einbezogen. Erwartungsgemäß wurde festgestellt, dass die extremen Winter- und Frühjahrsereignisse (z.B. Januar 1920, März 1940, April 1988) aufgrund anderer Abflussbildung und ggf. Eiseinfluss gegenüber extremen Sommerhochwassern (Juli 1954, Juli 1958) breitere Scheitelformen und größere Füllen aufweisen. Die generierte Ganglinie des Extremszenarios ist dem „Sommer-Typ“ zuzuordnen.

Aus der Analyse historischer, nicht durch Eis beeinflusster Elbhochwasser mit sehr hohen Maximalwasserständen kann ebenfalls geschlossen werden, dass das Gefälle zwischen Wittenberge und dem Elbepegel Neuwerben mit zunehmendem Wasserstand immer geringer wird. Es wurde abgeschätzt, dass für das Extremszenario mit einem maximalen elbseitigen Wasserstand am Wehr Neuwerben von etwa 790 cm a. P. zu rechnen wäre. Nach Angaben der Wehrbedienungsvorschrift bzw. von LÖPER (persönliche Mitteilung) ist ab einem Elbwasserstand von 744 bzw. 730 cm a. P. Neuwerben von einer Überströmung des gesetzten Wehres auszugehen. Damit theoretisch die Option, die Havelniederung nicht zu fluten, besteht, müsste das Wehr Neuwerben wie im August 2002 zusätzlich mit Blechen gesichert werden (Abb. 3-13).



Abb. 3-13: Wehr Neuwerben nach dem Augusthochwasser 2002 mit auf den Schützen aufgesetzten Blechen (Foto: LUA)

d) Festlegung des Kappungsziels für Wittenberge

Nach Aussage des Landesumweltamtes Brandenburg (PAPKE, persönliche Mitteilung) sind die Deiche in der Stadt Wittenberge unterhalb der Havelmündung auf ein Bemessungshochwasser von 745 cm a. P. + 1 m Freibord ausgelegt. Momentan weisen große Deichabschnitte auf der Elbestrecke Quitzöbel–Wittenberge deutlich geringere Höhen auf, weshalb mittelfristig alle Deiche auf die für Wittenberge angegebene Höhe saniert werden sollen (LUA 2002). Nach LÖPER (persönliche Mitteilung) ist der Wasserstand, auf den eine Kappung des Elbabflusses ernsthaft erwogen wird, bei 725 cm bezogen auf den Pegel Wittenberge anzusetzen. KRANAWETTREISER (2002) gibt als Ausbauwasserstand der Deiche und Kappungsziel 720 cm a. P. Wittenberge an.

Aufgrund dieser Aussagen wird für die hier durchgeführte Szenariobetrachtung der anzustrebende, stationäre Kappungswasserstand auf 725 a. P. Wittenberge festgelegt. Aus der Durchflusstafel der WBV (1993) lässt sich ein zugehöriger stationärer Durchfluss von 3744 m³/s ablesen. Im Bereich des Scheitels der Szenarioganglinie (Qmax= 4440 m³/s) müssen der Elbe somit ca. 700 m³/s entzogen werden. Da der Abfluss der Havel in der für Wittenberge definierten Szenarioganglinie nicht enthalten ist, muss dieser Entzug – im Unterschied zur Betrachtungsweise der WBV (1993) – allein durch eine Öffnung des Wehrs Neuwerben realisiert werden.

e) Berechnung des Zuflusses von Elbwasser durch das Wehr Neuwerben

Mit der erforderlichen Durchflussrate von maximal 700 m³/s wird die Kapazität des Wehres Neuwerben vollständig ausgenutzt. KRANAWETTREISER (2002) gibt die maximal zulässige Durchflussrate mit 580 m³/s an. Das Ereignis 2002 hat gezeigt, dass Durchflussraten im Bereich von 660–720 m³/s aber möglich sind (Tabelle zur Registrierung der Wehrbedienung vom 20.08.2002 in LÖPER 2002).

Aus der Gefälle-Durchfluss-Funktion für das Wehr Neuwerben (WBV 1993) kann geschlossen werden, dass bei vollständiger Öffnung der 3 Schütze bereits ein Gefälle zwischen Elbe- und Havelwasserstand von etwa 70 cm ausreicht, um einen Abfluss von 700 m³/s durch das Wehr zu erzeugen. Geht man davon aus, dass der ungekappte Scheiteldurchfluss des Szenarios einem Wasserstand von ca. 790 cm am Elbepegel Neuwerben entspricht (PNP= 20,405 müNN), dann lässt sich abschätzen, dass selbst bei sehr hohen Wasserständen am binnenseitigen Havelpegel (OP Quitzöbel) ein ausreichendes Gefälle besteht, um die erforderliche Durchflussrate durch das Wehr zu erzeugen.

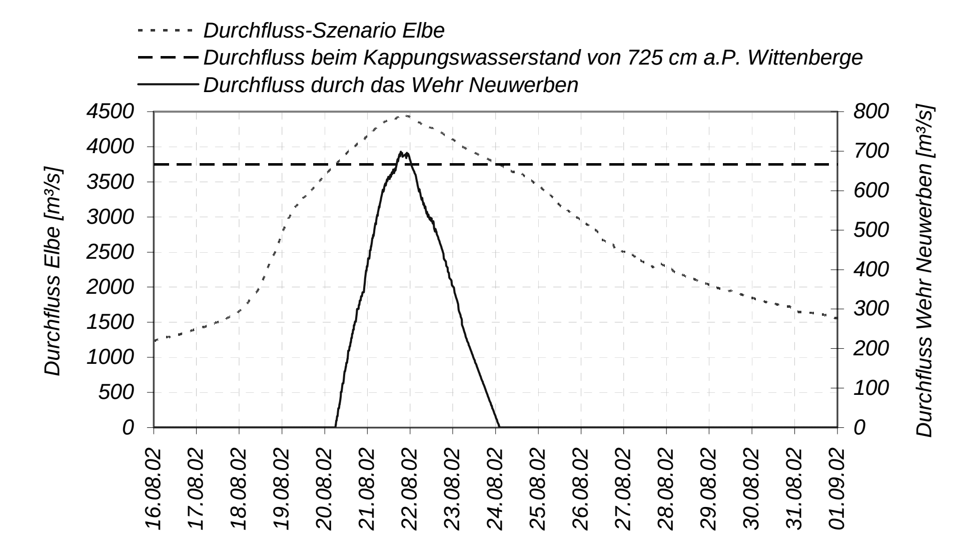


Abb. 3-14: Erforderlicher Durchfluss durch das Wehr Neuwerben bei Annahme der im Abschnitt c definierten Szenarioganglinie der Elbe und einen Kappungswasserstand von 725 cm a. P. Wittenberge

Die Speicherung eines Teils des Scheitelvolumens im Elbevorland zwischen Neuwerben und Wittenberge (siehe Abschnitt zur verzögerten Kappung in WBV (1993)) wird bei den hier durchgeführten Berechnungen nicht berücksichtigt. In Abb. 3-14 ist der zeitliche Verlauf des Durchflusses am Wehr Neuwerben dargestellt. Er ergibt sich jeweils als Differenz zwischen dem Elbeabfluss ohne Havel und dem stationären Durchfluss beim angestrebten Kappungswasserstand.

Das Kappungsvolumen ergibt sich aus der Integration des Wehrdurchflusses über die Dauer von dessen Öffnung. Es beträgt für das dargestellte Szenario etwa 126 Mio. m³. Im August 2002 lag das der Elbe am Wehr Neuwerben entzogene Volumen bei ca. 75.6 Mio. m³ (LUA 2002, KUMKE 2003).

f) Zeitpunkte des Schließens und Öffnens der Havelwehre Quitzöbel

Der vollständige Abschluss der Havel gegenüber der Elbe wird notwendig, wenn der Wasserstand am Gnevsdorfer Elbpegel den Wasserstand am OP Quitzöbel übersteigt und sich die Strömungsrichtung im Gnevsdorfer Vorfluter umkehrt. Der Zeitpunkt des Schließens der Wehre in Quitzöbel wurde – wie die zugehörigen Ausgangswasserstände in der Havel – vom Ereignis 2002 übernommen. Das ist ohne größere Fehler möglich, da der Wasserstand in der Elbe so schnell ansteigt, dass die Kenterung der Strömung im Gnevsdorfer Vorfluter im Falle des Extremszenarios nur wenige Stunden früher einsetzen würde, als beim Ereignis des Jahres 2002. Der Zeitpunkt des vollständigen Havelabschlusses am 18.08. 08:30 Uhr bildet somit die Zeitbasis für die Flutungssimulationen mit dem GS-Modell sowohl für das Referenzereignis 2002 als auch das Extrem-Ereignis.

Der Zeitpunkt der allmählichen Öffnung der Wehre in Quitzöbel zur Wiederfreigabe des Havelabflusses liegt dann vor, wenn der Elbdurchfluss an der Havelmündung den angestrebten Kappungsdurchfluss unterschreitet. Er lässt sich somit einfach bestimmen. In der Praxis ist jedoch zwischen der Freigabe des Havelabflusses in Quitzöbel und dem Ende der Scheitelkappung am Wehr Neuwerben ein Zeitversatz einzuhalten. Hierdurch wird vermieden, dass die bei Öffnung der Wehre in Quitzöbel entstehende Schwallwelle im Gnevsdorfer Vorfluter den am Wehr Neuwerben eingestellten Kappungsdurchfluss überlagert. Nach der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) beträgt der notwendige Zeitversatz etwa 3 Stunden. Damit ist beim angenommenen Extremszenario eine Abgabe von Havelwasser in die Elbe frühestens ab dem 24.08. 5:30 Uhr möglich (Abb. 3-14).

g) Berechnung des Abflusses über den Gnevsdorfer Vorfluter und des zu speichernden Eigenwassers der Havel

Bei der Berechung der Wassermenge, die allein durch den Rückhalt von Havelwasser in der Unteren Havelniederung gespeichert werden muss, sind drei Phasen zu unterscheiden:

- die Phase der behinderten Havelvorflut aufgrund steigender Elbwasserstände (Phase 1)
- der vollständige Havelrückhalt bei geschlossenen Wehren in Quitzöbel (Vollabschluss; Phase 2)
- die Phase der allmählichen Wiederfreigabe des Abflusses der Havel in die Elbe (Phase 3)

Die in Phase 1 anfallende Wassermenge braucht nicht explizit berücksichtigt zu werden, da wie oben beschrieben, erst der Beginn des Vollabschlusses als Ausgangspunkt für die statische Volumenbilanzierung und spätere Modellrechnungen gewählt wurde. Die zu speichernde Eigenwassermenge während der Vorflutbehinderung ist somit bereits über die Anfangsbedingungen – d.h. in der Vorfüllung des Havelschlauches – berücksichtigt.

Die in Phase 2 zu speichernde Eigenwassermenge errechnet sich aus dem angenommenen stationären Durchfluss der Havel in Havelberg multipliziert mit der Dauer des vollständigen Abschlusses in Sekunden. Bei dem angesetzten stationären Havelzufluss von 168 m³/s bezogen auf Havelberg fallen zwischen dem 18.08. 8:30 und dem 24.08. 5:30 (siehe Abschnitt f) etwa 85.3 Mio. m³ Havelwasser an, die in der Niederung gespeichert werden müssen.

Im Gegensatz zu den ersten beiden Phasen gestaltet sich die Abschätzung der zu speichernden Wassermenge während der Phase 3 schwierig. Die maximale Füllung der Havelniederung ist erst erreicht, wenn

die Abgabe von Havelwasser in die Elbe über die Wehre Quitzöbel den Zufluss aus dem Einzugsgebiet übertrifft. Erst dann setzt die effektive Entleerung der Unteren Havelniederung ein. Zwischen dem Ende des Vollabschlusses und diesem kritischen Zeitpunkt muss die Differenz zwischen Zu- und Abfluss von Havelwasser noch im Havelschlauch oder den Poldern gespeichert werden.

Um den kritischen Zeitpunkt zu ermitteln, an dem sich das Vorzeichen der Wasserbilanz der Havelniederung umkehrt, muss der zeitliche Verlauf der Abgabe von Havelwasser in Quitzöbel bekannt sein. Unter der Prämisse der Schadenminimierung lassen sich hierüber begründete Annamen treffen. Danach ist die Abgabe von Havelwasser im optimalen Fall so zu steuern, dass die Havelpolder schnellstmöglich entleert werden. Andererseits darf die Abgabe die Differenz zwischen dem festgelegten stationären Kappungsdurchfluss und dem Elbabfluss in Gnevsdorf nicht übersteigen, da sonst das Kappungsziel nicht eingehalten werden kann. Weiterhin ist zu bedenken, dass die maximale Abgabemenge in den Gnevsdorfer Vorfluter durch die Kapazität der Wehre in Quitzöbel und Gnevsdorf begrenzt sein kann. Nach LÖPER (persönliche Mitteilung) wäre ein Durchfluss im Bereich von etwa 400 m³/s tolerierbar. Nicht zuletzt entscheidet das vorhandene Gefälle zwischen Quitzöbel und Gnevsdorf darüber, welcher Abfluss der Havel in die Elbe tatsächlich realisierbar ist.

Zu Beginn der Entlastung der Havel wurde davon ausgegangen, dass zwischen Quitzöbel und Gnevsdorf ein ausreichendes Gefälle besteht, um Wassermengen in der Größenordnung von 400 m³/s abzuführen. Diese Annahme ist gerechtfertigt, da in der Havelniederung nach einer Kappung des Elbescheitels ein sehr hoher Wasserstand vorliegt und zudem bei großen Fließtiefen im Gnevsdorfer Vorfluter auch geringe Gefälle ausreichend sind, um große Durchflüsse abzuführen (vgl. Anlage 18 der WBV (1993)). Für die statische Volumenbilanzierung wurde daher – beginnend 3 Stunden nach dem Schließen des Wehres Neuwerben – eine Freigabe der Havel von maximal 400 m³/s angesetzt, die jeweils so weit reduziert wird, dass in der Elbe gerade der angestrebte Kappungsdurchflusses unterschritten wird. Der sich ergebende Verlauf des Durchflusses in Quitzöbel ist aus Abb. 3-15 ersichtlich.

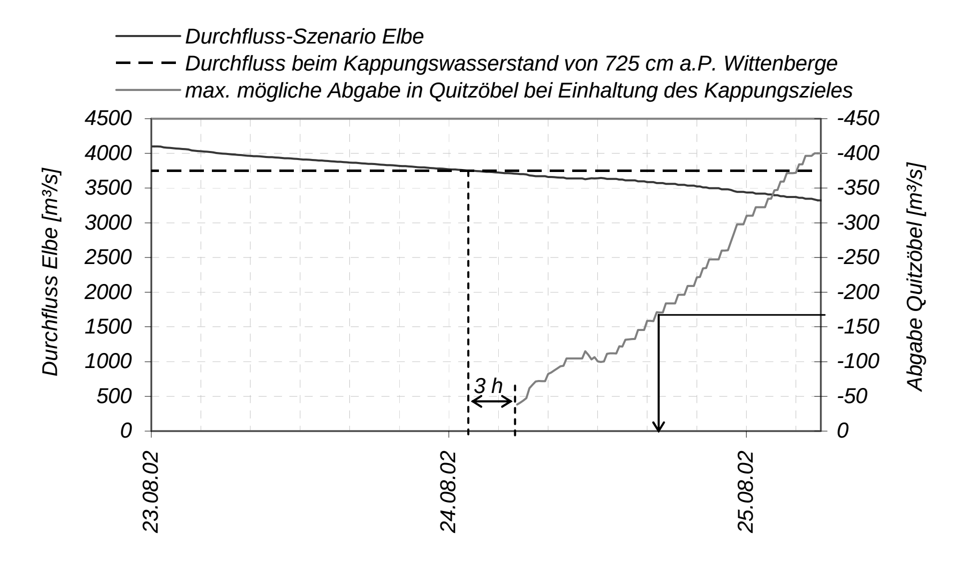


Abb. 3-15: Zeitlicher Verlauf der Abgabe von Havelwasser in die Elbe nach dem Ende des Vollabschlusses bei einer angenommenen maximalen Abgaberate von 400 m³/s und keiner Beschränkung durch das Gefälle im Gnevsdorfer Vorfluter; Der Pfeil markiert den Zeitpunkt, wo die Abgabe von Havelwasser in Quitzöbel den Zufluss aus dem Einzugsgebiet (168 m³/s) überschreitet und die effektive Entlastung der Niederung beginnt.

Mit den getroffenen Annahmen ergibt sich zwischen dem Beginn der Wehröffnung in Quitzöbel am 24.08. 05:30 und dem Beginn der effektiven Entlastung der Niederung am 24.08. 16:45 ein zu speicherndes Volumen von ca. 2,7 Mio. m³ Havelwasser. Der Wert wird als Differenz aus dem integrierten Havelzufluss und Havelabfluss über die angegebene Zeitspanne erhalten.

Für die statische Volumenbilanzierung ist eine Betrachtung der Wasserflüsse nur bis zum Beginn der effektiven Entlastung der Havelniederung – d.h. dem Zeitpunkt der maximalen Speicherung – notwendig. Im Gegensatz dazu muss in Simulationsrechnungen mit Hilfe des GS-Modells die längerfristige Entlee-

rungsdynamik abgebildet werden, um die Überflutungsdauern der Polderflächen korrekt zu erfassen. Hierfür wird die längerfristige Entwicklung des Durchflusses in Quitzöbel als Modellrandbedingung benötigt. Konnte für kurzfristige Betrachtungen (s. o.) davon ausgegangen werden, dass der Einfluss von Gefälle und Wasserstand im Gnevsdorfer Vorfluter den Durchfluss nicht begrenzt, sind die beiden Einflussgrößen nun explizit zu berücksichtigen.

Der Durchfluss in Quitzöbel wurde deshalb im GS-Modell als wasserstandsabhängige Flussrandbedingung (siehe Kapitel 3.1.2.1) formuliert. Der Durchfluss wird damit aus dem Wasserstand in Quitzöbel (der vom GS-Modell selbst simuliert wird) und einer vorgegebenen Wasserstandsganglinie für den Pegel Gnevsdorf modellintern berechnet. Um die benötigte Funktionsbeziehung, die den Durchfluss im Gnevsdorfer Vorfluter in Beziehung zu den beiden genannten Wasserständen setzt, zu gewinnen, wurde die Struktur von Anlage 18 der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) rekonstruiert und in eine Funktionstabelle umgesetzt. Knackpunkt des beschriebenen Vorgehens ist, dass die vorzugebende Ganglinie des Wasserstands in Gnevsdorf nicht unabhängig vom dem gesuchten Durchfluss in Quitzöbel ist. Dieses Problem wurde durch ein pragmatisches, iteratives Vorgehen gelöst:

- Aus langjährigen Zeitreihen (ohne Wintermonate) wurde zunächst für abfallende Elbdurchflüsse eine Regression zwischen dem Durchfluss in Wittenberge und dem Wasserstand in Gnevsdorf berechnet und eine Potenzfunktion abgeleitet.
- Mit Hilfe der o. g. Potenzfunktion konnte aus der Szenarioganglinie des Elbdurchflusses (ohne Havel) unter Aufschlag einer geschätzten Abgabe über den Gnevsdorfer Vorfluter eine erste Schätzung der Wasserstandsganglinie für Gnevsdorf ermittelt werden.
- Unter Vorgabe dieser Wasserstandsganglinie als Randbedingung konnte mit Hilfe des GS-Modell eine Ganglinie des Durchflusses im Gnevsdorfer Vorfluter berechnet werden, die gegenüber der ersten Schätzung bereits eine Verbesserung darstellt. Sie bildet wiederum die Grundlage für eine erneute Schätzung der Wasserstandsganglinie für Gnevsdorf.

Es zeigte sich, dass nach 3–4 Iterationsschritten stabile Resultate, sowohl für die gesuchte Ganglinie der Abgabe von Havelwasser in Quitzöbel als auch die Wasserstandsentwicklung in Gnevsdorf erhalten werden. Eine Überprüfung dieser pragmatischen Vorgehensweise ist bei möglichen zukünftigen Modellanwendungen abgebracht.

h) Statische Volumenbilanzierung für das Extremszenario

Wie oben beschrieben, bestand das Ziel der statischen Volumenbilanzierung darin, zu ermitteln, inwieweit die zu speichernden Wassermengen durch die verfügbaren Rückhaltekapazitäten an der Unteren Havel aufgenommen werden können. Als wesentliches Kriterium diente hierbei der in der Wehrbedienungsvorschrift (WBV, 1993) festgelegte maximal tolerierbare Wasserstand von 26,40 müNN bezogen auf Havelberg. Die Volumenbilanzierung erfolgte gemäß der Gleichung:

$$RV_F = \Sigma V_P(W_0 \rightarrow 26{,}40) + \Sigma V_H(W_0 \rightarrow 26{,}40) - V_{QH,2} - V_{QH,3} - V_{QE} \qquad \text{Gl. 3-7}$$

RV_F: *freibleibendes Retentionsvolumen zum Zeitpunkt der maximalen Speicherung*

$\Sigma V_P(W_0 \rightarrow 26{,}40)$: *Speicherkapazität der Polder zwischen deren Ausgangswasserstand W_0 und 26,40 müNN*

$\Sigma V_H(W_0 \rightarrow 26{,}40)$: *Speicherkapazität der Abschnitte des Havelschlauchs zwischen W_0 und 26,40 müNN*

$V_{QH,2}$: *zu speicherndes Haveleigenwasser während des Vollabschlusses („Phase 2")*

$V_{QH,3}$: *noch zu speicherndes Haveleigenwasser nach Ende des Vollabschluss („Phase 3")*

V_{QE}: *durch das Wehr Neuwerben eingeleitetes Elbwasser*

Ergibt die Bilanzierung ein positives freibleibendes Retentionsvolumen, dann ist eine Kappung des Elbescheitels auf den angestrebten Maximalwasserstand in Wittenberge möglich, ohne in der Unteren Havelniederung einen Wasserstand von 26,40 müNN zu überschreiten. Ein Ergebnis kleiner Null könnte dage-

gen nur beherrscht werden, wenn im Bereich der Unteren Havelniederung, zusätzliche Retentionsflächen ausgewiesen und in Anspruch genommen würden.

Die letzten drei Terme von Gl. 3-7 sind für das Extremszenario in den vorangegangenen Abschnitten bereits berechnet und angegeben worden. Die Speicherkapazität der Flutungspolder und des Havelschlauches kann Tab. 3-4 und Tab. 3-5 entnommen werden.

Tab. 3-4: Auffüllbares Volumen in den Abschnitten des Havelschlauchs bis zu einem Wasserstand von 26,40 müNN ausgehend von den Wasserständen zu Beginn des vollständigen Abschlusses der Havel (18.08. 8:30). Die Abschnitte entsprechen der vom GS-Modell verwendeten Diskretisierung (siehe Tab. 3-7). Die Volumina wurden auf Basis des Höhenmodells der TK 1:10.000 ohne Berücksichtigung einer möglichen Auffüllung der ungesättigten Zone für einen mittleren Ausgangswasserstand berechnet.

Havelabschnitt	Ausgangswert am oberen Bezugspegel [müNN]	Ausgangswert am unteren Bezugspegel [müNN]	Mittel der Ausgangswasserstände [müNN]	bereits genutztes Volumen [m³]	freies Volumen bis 26,40 müNN [m³]
Rathenow – Grütz	Rathenow UP 26,47	Grütz OP 25,72	26,10	7.402.387	2.618.455
Grütz – Gülpe	Grütz UP 25,45	Garz OP 25,00	25,23	9.002.374	16.301.032
Gülpe – Strodehne (G. See)	Garz OP 25,00	-	25,00	18.181.048	23.140.975
Strodehne – Havelberg	Garz UP 24,52	Havelberg St. 24,50	24,51	14.634.138	40.025.897
Havelberg – Quitzöbel	Havelberg St. 24,50	Quitzöbel OP 24,49	24,50	6.554.751	17.874.972
Summe				55.774.698	**99.961.331**

Tab. 3-5: Speichervolumen der vollständig entleerten Polder bis zu einem Wasserstand von 26,40 müNN auf Basis des Höhenmodells der TK 1:10.000 ohne Berücksichtigung einer möglichen Auffüllung der ungesättigten Zone

Polder	freies Volumen bis 26,40 müNN [m³]
Havelberg	17.752.552
Kümmernitz	2.803.296
Vehlgast	12.427.968
Flöthgraben	11.498.541
Schafhorst	21.884.994
Twerl	10.523.913
Warnau	9.074.798
Gr. Graben	25.768.114
3 Sommerpolder	8.925.993
Summe	**120.660.168**

Mit den ermittelten Größen

$V_{QH,2}$= **85,3 Mio. m³**, $V_{QH,3}$= **2,7 Mio. m³**, V_{QE}= **126 Mio. m³** sowie

$\Sigma V_P(W_0 \rightarrow 26{,}40)$= **120,6 Mio. m³**, $\Sigma V_H(W_0 \rightarrow 26{,}40)$= **100 Mio. m³**

ergibt sich nach Gleichung Gl. 3-7 ein freibleibendes Retentionsvolumen von RV_F= **6 Mio. m³**. Durch eine Auffüllung der ungesättigten Bodenzone wird – in Abhängigkeit von den Grundwasserflurabständen – das tatsächliche freibleibende Retentionsvolumen noch etwas über dem berechneten Wert von 6 Mio. m³ liegen. Damit erweist sich das entwickelte Extremszenario als beherrschbar und für eine weitergehende Untersuchung – insbesondere die dynamische Modellierung mit Hilfe des GS-Modells – als geeignet.

Weitere untersuchte Szenarios mit Annahme eines höheren stationären Zuflusses aus dem Haveleinzugsgebiet (z.B. 264 m³/s bezogen auf Havelberg) führten nach dieser Bilanzierung zu einer Überschreitung des kritischen Wasserstands von 26,40 müNN selbst unter der Annahme vollständiger Ausspiegelung.

Von einer weiterer Untersuchung dieser, mit den gegenwärtig festgesetzten Flutpoldern nicht beherrschbaren Szenarios wurde abgesehen.

Bei der Einschätzung, welche der Flutungspolder geöffnet werden müssen, sind sowohl die Volumenbilanz als auch die Wasserstände zu beachten. Grundsätzlich wäre es denkbar, einzelne Polder nicht zu fluten, wenn eine Verteilung des zu speichernden Wassers auf den übrigen Flächen möglich ist, ohne dass die Marke von 26,40 müNN überschritten wird. Praktisch wäre dies aber nur möglich, wenn der maximale Wasserstand unterhalb von etwa 25,84 müNN bleibt, da die Polderdeiche bei höheren Wasserständen nicht für eine einseitige Belastung ausgelegt sind (WBV 1993). Aus der obigen Volumenbilanz und Tabelle Tab. 3-5 ist erkennbar, dass bei dem angenommenen Szenario alle derzeit verfügbaren Flutungspolder in Anspruch genommen werden müssten.

i) Zusammenfassung der getroffenen Annahmen

Alle wesentlichen, in dem oben beschriebenen Extrem-Hochwasserszenario enthaltenen Annahmen sind in der folgenden Tabelle noch einmal zusammengefasst.

Tab. 3-6: Übersicht über die getroffenen Annahmen bei der Erstellung des Hochwasser-Szenarios HSZ-H 2 für die Untere Havel Niederung

Kontext	Annahme
Wasserstände in der Havel zu Beginn des Vollabschlusses	Übernahme der Werte vom entsprechenden Zeitpunkt des Ereignisses im August 2002
Durchfluss der Havel in Rathenow	Stationär 140 m³/s über die gesamte Dauer des Ereignisses
Zunahme des Haveldurchflusses zwischen Rathenow und Havelberg	Konstante Zunahme um 20 % ausgehend vom Durchfluss in Rathenow; Auf Havelberg bezogen beträgt der angenommenen stationäre Zufluss in das Untersuchungsgebiet somit 168 m³/s.
Hochwasserganglinie der Elbe ohne Havel	Rekonstruktion aus der Durchflussganglinie vom August 2002 und Skalierung auf einen um 275 m³/s erhöhten Scheiteldurchfluss von 4440 m³/s; Dies entspräche einem Wasserstand von 790 cm a. P. Wittenberge.
Kappungsziel	Als Kappungswasserstand wurden 725 cm a. P. Wittenberge gewählt. Der zugehörige, stationäre Durchfluss beträgt etwa 3740 m³/s.

Speicherkonfiguration

In der folgenden Tab. 3-7 sind die im Modell berücksichtigten Speicher mit den entsprechenden Strom-km aufgeführt.

Tab. 3-7: Berücksichtigte Oberflächenwasserspeicher bei der Simulation der Flutung der Unteren Havelniederung mit dem Gekoppelte-Speicher-Modell

Abschnitte des Havelschlauches und weitere Oberflächengewässer	Strom-km
Quitzöbel–Havelberg	156,0 – 145,5
Havelberg–Strodehne Brücke	145,5 – 131,6
Strodehne–Gülpe, inkl. Gülper See (Speicher Garz)	131,6 – 127,2
Gülpe–Wehr Grütz	127,2 – 117,0
Wehr Grütz–Rathenow, mit Anbindung des Hohennauener Sees	117,0 – 105,0

Bei der Abgrenzung der einzelnen Abschnitte des Havelschlauches waren folgende Gesichtspunkte ausschlaggebend:

- Für die Speicherübergänge müssen Funktionen zur Berechnung des Durchflusses zwischen den Speichern ableitbar sein.

- Größere Gefällesprünge sollten nur zwischen Speichern, aber nicht innerhalb eines Speichers auftreten, da im GS-Modell ein Speicher nur durch einen Wasserstand repräsentiert wird, d.h. kein speicherinternes Gefälle existiert.

Aus diesen Gründen sollten die Übergänge zwischen den Speichern möglichst durch ein den Durchfluss kontrollierendes Querprofil repräsentiert werden. So wurde z.B. auf eine Unterteilung der Speicher am Wehr Garz verzichtet und stattdessen eine Speichergrenze an der Brücke Strodehne eingeführt. Auf eine Ausweisung des Gülper Sees als eigenständigen Speicher wurde verzichtet, da über den Verbindungsquerschnitt zu wenige Informationen zur Verfügung standen. Das entsprechende Retentionsvolumen ist im Havelabschnitt Strodehne-Gülpe berücksichtigt. Aufgrund der Geländehöhen kann davon ausgegangen werden, dass bei hohen Wasserständen eine ungehinderte Ausspiegelung zwischen Gülper See und der Havel möglich ist.

Während für eine Berechnung des Ereignisses von 2002 die Havelstauhaltung Grütz nicht berücksichtigt werden muss, da das Nadelwehr in Grütz gesetzt war, wird bei der Berechnung des HW-Szenarios davon ausgegangen, dass der Stau am Wehr Grütz aufgehoben ist. Im Gegensatz zur Situation 2002 kann damit eine Flutung des Havelabschnittes Grütz–Rathenow entgegen der normalen Strömungsrichtung erfolgen.

3.2.1.3 Begriff der gesteuerten und ungesteuerten Flutung für die Untere Havelniederung

Steuerung am Wehr Neuwerben

Eine wichtige Besonderheit der Polder an der Unteren Havel besteht darin, dass diese nicht in der rezenten Aue des Flusses liegen, dem im Hochwasserfall ein Teil des Scheitelabflusses entzogen werden soll. Stattdessen wird das der Elbe zu entnehmende Wasser über das Wehr Neuwerben in das Bett der Havel eingeleitet und dort erst nach einem Transport entgegen der normalen Fließrichtung an die Polder herangeführt. Damit erfolgt, im Unterschied zu den klassischen, am Hauptfluss gelegenen Poldern, eine Steuerung an zwei Orten:

- dem Wehr Neuwerben
- den Einlassbauwerken bzw. -breschen der Polder

Eine ständige Offenhaltung des Wehres Neuwerben würde einer ungesteuerten Flutung der Niederung der Unteren Havel gleichkommen. Dass eine solche, freie Anbindung der Havelniederung an die Elbe im Falle extremer Hochwasser unter dem Aspekt einer Minimierung von Hochwasserschäden nicht zielführend ist, kann aus folgenden Überlegungen geschlossen werden:

- Die Wehrgruppe Quitzöbel sowie die Trennungsdeiche zwischen Elbe und Havel wurden eigens dafür angelegt, die Havelniederung im Falle extremer Hochwasser der Elbe zu schützen. Eine ständige Offenhaltung des Wehres Neuwerben müsste einerseits zu einer zeitigeren und stärkeren Vorflutbehinderung der Havel führen, da der Effekt der Mündungsverlegung über den Gnevsdorfer Vorfluter egalisiert würde. Außerdem wäre, zumindest im Untersten Abschnitt der Havel davon auszugehen, dass sich hier beim Durchgang des Hochwasserscheitels nahezu Elbwasserstände einstellen. Diese würden deutlich oberhalb des aktuell tolerierten Höchstwasserstandes in der Havel von 26,40 müNN liegen.
- Untersuchungen an anderen Flüssen (z.B. am Rhein) haben gezeigt, dass eine ungesteuerte Flutung von Retentionsflächen ungeeignet ist, um einer Hochwasserwelle gerade im entscheidenden Bereich des Scheitels größere Wassermengen zu entziehen. Vielmehr wird ein bedeutender Teil des Retentionsvolumens bereits vor dem Scheiteldurchgang aufgefüllt und steht damit im entscheidenden Moment nicht mehr zur Verfügung.
- Die durchgeführten Volumenbilanzierungen haben gezeigt, dass das in der Unteren Havelniederung derzeit zur Verfügung stehende Retentionsvolumen begrenzt ist. Es sind Situationen denkbar, in denen aufgrund einer hohen Eigenwasserführung der Havel oder eines lang anhaltenden Hochwasserscheitels der Elbe die zur Verfügung stehenden Polderflächen nicht ausreichen, um eine bedeutende Kappung des Hochwasserscheitels der Elbe zu erreichen ohne gleichzeitig kritische Wasserstände in der Havelniederung zu überschreiten. Eine bedeutende Auffüllung des vor-

handenen Speicherraumes bereits lange vor Eintritt des Hochwasserscheitels der Elbe ist damit nicht im Sinne eines effektiven Hochwasserschutzes.

Eine ständige Öffnung des Wehres Neuwerben wäre nur denkbar, wenn

- weitaus größere Flächen im Bereich der Havelniederung für die Aufnahme von Elbewasser zur Verfügung stehen würden
- Wasserstände deutlich oberhalb des aktuell festgesetzten Höchstwertes von 26,40 müNN in der Havel toleriert werden könnten

Da eine Optimierung im Sinne einer Minimierung von Schäden sowohl innerhalb des Retentionsraumes als auch am Unterlauf der Elbe ohne eine Steuerung des Wehrs Neuwerben nicht erreicht werden kann, wurde diese Option im Projekt – in Übereinstimmung mit dem Forschungsauftrag – nicht betrachtet. Die Begriffe der gesteuerten und ungesteuerten Flutung beziehen sich daher im Folgenden ausschließlich auf die Verbindung zwischen Flutungspoldern und dem Havelschlauch.

Es sei angemerkt, dass es mit dem entwickelten Gekoppelte-Speicher-Modell grundsätzlich möglich wäre, eine Flutung der Havelniederung bei dauerhaft geöffnetem Wehr Neuwerben zu simulieren. Die Wasserstandsganglinie der Elbe würde hierbei als Randbedingung Verwendung finden. Der Einfluss einer seitlichen Ausleitung größerer Volumina über das Wehr Neuwerben auf den Wasserstand der Elbe selbst müsste ggf. durch eine iterative Rechnung berücksichtigt werden.

Gesteuerte Öffnung der Polder

Aus der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) ergeben sich für die Öffnung der Polder widersprüchliche Aussagen. Einerseits wird die Öffnung der Polder aus Gründen der Standsicherheit ab einem Wasserstand von 25,84 müNN für erforderlich gehalten. Andererseits wird ein Ausgangswasserstand im Havelschlauch von mindestens 26,00 müNN angestrebt, um die Ausbildung leistungsfähiger Breschen nach der Öffnung der Polderdeiche zu gewährleisten.

Bei der durchgeführten Rechnung für das Extrem-Hochwasserszenario wird davon ausgegangen, dass alle Polder mit Bauwerken ausgestattet sind. Es scheint daher nicht zwingend erforderlich, vor der Polderöffnung einen bestimmten Ausgangswasserstand im Havelschlauch einzustellen, da der Aspekt einer Freiräumung der Bresche durch einen möglichst starken Wassereinstrom irrelevant ist.

Bei der Simulation der gesteuerten Flutung der Polder wird die Öffnung der Bauwerke vom GS-Modell automatisch gesteuert. Sie erfolgt, sobald der Wasserstand von 26,00 müNN in dem Abschnitt des Havelschlauches, von dem aus die Flutung erfolgt, überschritten wird.

Ungesteuerte Flutung der Polder

Eine ungesteuerte Flutung der Polder würde bedeuten, dass diese über ständig geöffnete Ein- und Auslassöffnungen mit den Gewässern verbunden sind, von denen aus das Wasser im Flutungsfall einströmt. Eine Auffüllung der Polder würde demnach mit dem Ansteigen der Wasserstände in den jeweiligen Gewässern (Havel, Mündungsbereiche von Dosse und Jäglitz, Gülper See) einsetzen.

Wie bereits im Zusammenhang mit der Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios erläutert wurde, wird die Phase der Vorflutbehinderung der Havel vor dem vollständigen Abschluss gegenüber der Elbe in die Simulation mit dem GS-Modell nicht einbezogen. Stattdessen wird die Modellrechnung mit dem Beginn des Vollabschlusses gestartet, wodurch auf eine komplizierte Schätzung des durch steigende Elbwasserstände in Gnevsdorf behinderten Havelabflusses verzichtet werden kann. Eine Berechnung von Wasserständen im Havelschlauch mit dem GS-Modell ist ohnehin erst ab dem Zeitpunkt sinnvoll, an dem die Stauhaltung an den Wehren aufgehoben wird, um einen stromauf gerichteten Wassertransport vom Wehr Neuwerben aus zu ermöglichen.

Für eine korrekte Abbildung der Dynamik bei dauerhaft geöffneten Poldern müsste jedoch die gesamte Phase der Vorflutbehinderung bereits in die Simulation einbezogen werden, da die Wasserstände in der Havel – aufgrund des unvollständigen Abflusses – in diesem Zeitraum bereits ansteigen.

Um trotz dieser Schwierigkeiten eine Simulation mit dem GS-Modell zu ermöglichen und Ergebnisse bereitzustellen, die mit denen der gesteuerten Flutung verglichen werden können, wurden für das Szenario einer ungesteuerten Polderflutung die folgenden Annahmen getroffen:

- Während der Phase der Vorflutbehinderung stehen die Polder noch nicht mit dem Havelschlauch in hydraulischer Verbindung.
- Die Öffnung der Polder erfolgt unmittelbar mit dem Beginn des vollständigen Abschlusses der Havel, d.h. mit dem angestrebten Beginn der Modellsimulation. Der Zeitpunkt der Öffnung der Polder liegt damit deutlich früher, als es bei einer gesteuerten Öffnung der Fall wäre. Geht man vom Ereignis des Jahres 2002 aus, dann würde der Wassereinstrom in die Polder gegenüber der gesteuerten Variante etwa 3–4 Tage früher ermöglicht.

Durch diese abgewandelte Definition der Option „ungesteuerte Flutung“ ist es auch möglich, die Modellsimulation mit den Anfangswasserständen im Havelschlauch zu starten, die bei Beginn des Vollabschlusses im August 2002 herrschten.

Ungesteuerte Polderflutung und Minimierung von Schäden

Die beschriebene, abgewandelte Definition einer ungesteuerten Flutung impliziert, dass eine längerfristige Vorfüllung der Polderflächen nicht gegeben ist. Daher ist zum Zeitpunkt der Öffnung des Wehres Neuwerben ein identisches Volumen Haveleigenwasser in der Unteren Havelniederung gespeichert, unabhängig davon, wann die Polder geöffnet werden. Der Unterschied besteht lediglich in der Verteilung des Wassers zwischen Havelschlauch und Poldern. Bei vorzeitiger Öffnung der Polderdeiche strömt bereits ein Teil des Abflusses der Havel in die Polder ein, womit niedrigere Wasserstände im Havelschlauch vor der Einleitung des Elbewassers verbunden sind.

Im Hinblick auf eine Schadenminimierung sind jedoch folgende Aspekte zu bedenken:

- Durch eine frühzeitige oder dauerhafte Anbindung verlängert sich die Überflutungsdauer der tiefer liegenden Bereiche innerhalb der Polder. Zur Vermeidung von Schäden müssten die betroffenen Flächen eine wenig empfindliche bzw. keine Nutzung aufweisen.
- Es sind Situationen denkbar, bei denen eine Vorfüllung von Polderflächen durch deren ständige Anbindung an den Havelschlauch zu einer Verminderung des effektiv zur Verfügung stehenden Retentionsvolumens führt. Dies wäre z.B. der Fall, wenn einem Hochwasser der Elbe, welches eine Kappung des Scheitels durch Öffnung des Wehres Neuwerben erfordert, ein Hochwasser der Havel unmittelbar vorausgeht. Die Aufnahmefähigkeit der Polder wäre dann bereits durch eine Vorfüllung mit Eigenwasser der Havel vermindert.
- Es ist möglich, dass die Summe des aus einem Hochwasserscheitel der Elbe zu entnehmenden Volumens und dem zurückgehaltenen Havelwasser nur eine teilweise Nutzung des Retentionsvolumens in der Unteren Havelniederung erfordert. Nach WBV (1993) ist eine Flutung nur ausgewählter Polder möglich, solange die eintretenden Wasserstände im Havelschlauch die Standsicherheit der (einseitig belasteten) Deiche nicht gefährden, d.h. ein Wasserstand von etwa 25,85 müNN nicht wesentlich überschritten wird. So wurde z.B. im Sommers 2002 der Polder Große Grabenniederung nicht geöffnet. Durch eine ständige Anbindung aller Polder an den Havelschlauch würde die Chance vergeben, für die Speicherung nicht benötigte Flächen von einer Flutung auszuschließen und dadurch ggf. Schäden zu vermeiden.

3.2.1.4 Retentionsvolumina und Wasserstands-Volumen-Beziehungen

In Tab. 3-8 sind die Retentionsflächen und –volumina der Flutungspolder aufgelistet. Der Ermittlung liegen die Flächenabgrenzungen der zuständigen Landesbehörden zugrunde, die sich den jeweiligen Hochwasserständen und den Höhenlinien der topografischen Karte orientieren. Innerhalb dieser Abgrenzungen wurden die Poldervolumina auf Grundlage der aus TK 1:10.000 und aktuellen Vermessungsdaten erstellten Digitalen Geländemodelle der Polder (siehe Kapitel 3.1.1.1) berechnet. Sobald ein hochgenaues auf der Lasertechnik beruhendes aktuelles DGM für die Untere Havelniederung zur Verfügung steht, sollten sowohl die Polderabgrenzungen als auch die Volumina neu erhoben werden.

Tab. 3-8: Retentionsflächen und -volumina der Flutungspolder (Grundlage: korrigiertes Geländemodell auf Basis der TK 1:10.000 und Vermessungsdaten)

Polder	Fläche [Mio. m²]	Anteil an Gesamtfläche [%]	Volumen bis 26,40 müNN [Mio. m³]	Anteil am Gesamtvolumen [%]
Warnau	8,0	8,0	9,1	8,1
Kümmernitz	5,0	5,0	2,8	2,5
Havelberg	15,2	15,2	17,8	15,9
Twerl	9,1	9,1	10,5	9,4
Schafhorst	17,9	17,9	21,9	19,6
Großer Graben	24,6	24,7	25,8	23,1
Vehlgast	10,0	10,0	12,4	11,1
Flöthgraben	9,9	10,0	11,5	10,3
Summe	99,7	100,0	111,7	100,0

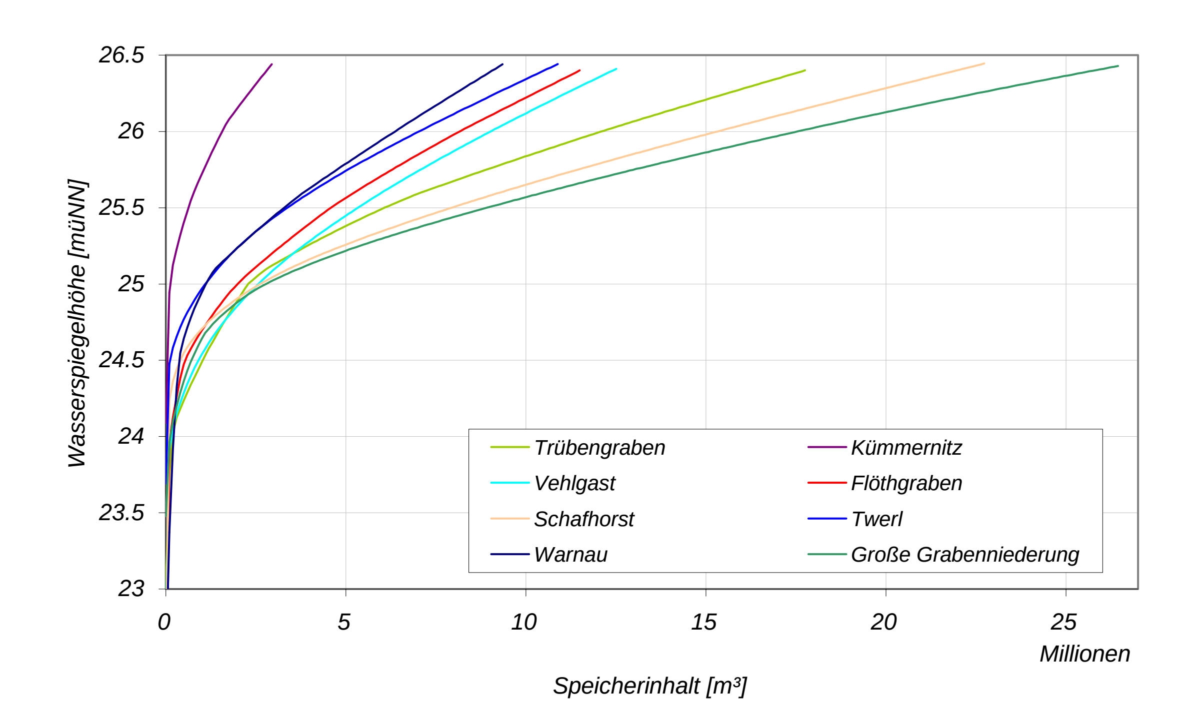


Abb. 3-16: Wasserstands-Volumen-Beziehungen der Flutungspolder (Grundlage: korrigiertes Geländemodell auf Basis der TK 1:10.000 und Vermessungsdaten)

3.2.2 Abfluss- und Wasserstandsentwicklung

3.2.2.1 Hochwasserereignis 2002 (HSZ-H 1)

Abb. 3-17 und Abb. 3-18 zeigen vergleichend die gemessenen und die mit dem Gekoppelte Speicher Modell simulierten Wasserstände. Generell zeigen die Wasserstände in den Havelabschnitten und den Flutungspoldern insbesondere in der Phase der Füllung und Ausspiegelung eine gute Übereinstimmung. Auffällig ist jedoch eine Überschätzung der simulierten Wasserstände im Entleerungsprozess in den beiden am weitesten stromabwärts gelegenen Abschnitten Strohdehner Brücke bis Quitzöbel. Eine mögliche Erklärung dafür sind die für diese Höhenbereiche unsicheren Wasserstands-Volumenbeziehungen, da tiefe Bereiche wie das Flussbett im DGM tendenziell unterrepräsentiert sind. Des Weiteren wird im Modell ein recht vereinfachter Ansatz der Grundwasserspeicherung verwendet. In der Realität ist ein stärkerer Wasserrückhalt im Grundwasserspeicher anzunehmen. Der gegenüber den gemessenen Werten verzögerte Abfluss deutet auf einen in der Wasserabgabe zu verzögert reagierender Grundwasserspeicher hin.

Darüber hinaus ist die Differenz zwischen Mess- und Simulationswerten bei der Entleerung im Polder Vehlgast auffällig. Der Polder wird durch einen Straßendamm geteilt, der erst bei einer Höhe von ca.

25,70 müNN überflutet wird und im August 2002 ein deutliches Flutungshindernis darstellte. Die Flutung erfolgte über die Deichbresche im westlichen Teil des Polders, die Aufzeichnung der Pegelwerte jedoch am Pumpwerk Vehlgast im östlichen Teil, der nur verzögert unter zusätzlichem Einsatz von Pumpen entleert werden konnte. Die Differenz zwischen gemessenen und simulierten Wasserständen lässt sich dadurch erklären, dass im GS-Modell von einer optimalen Flutbarkeit des Polders ausgegangen wird. Dies entspricht der Annahme, dass die Straße zwischen Vehlgast und Klein-Damerow mit ausreichend großen Durchlässen ausgestattet ist, die eine Verteilung des einströmenden Wassers auf der gesamten Fläche des Polders nicht behindern.

Das simulierte Absinken der Wasserstände in den Poldern zu Beginn der Simulationszeit ist auf ungenaue Anfangsbedingungen für den im Modell verwendeten vereinfachten Ansatz zur Grundwasserspeicherung zurückzuführen. Aufgrund des starken Anstiegs der Speicherinhaltslinie bei sehr geringen Wasserständen erzeugen bereits geringe simulierte Versickerungsraten starke Wasserstandsrückgänge. Nennenswerte Fehler für die weitere Simulation resultieren hieraus nicht.

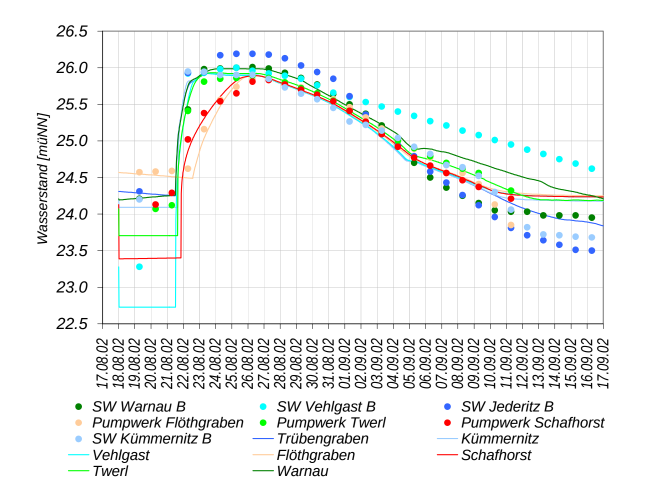


Abb. 3-17: Vergleich der gemessenen (punktierte Linie) und simulierten (durchgezogene Linie) Wasserstände in den Flutpoldern für das Hochwasserereignis 2002

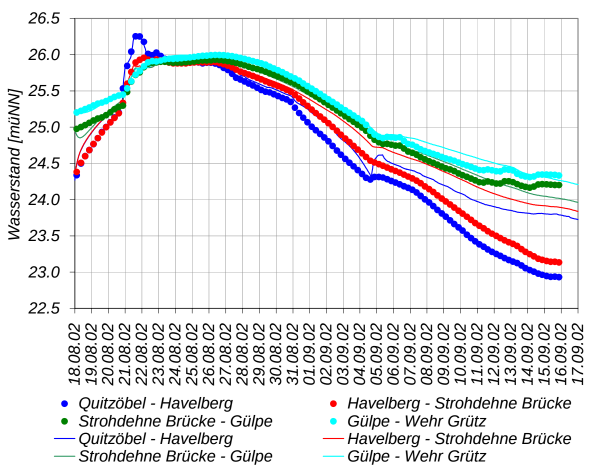


Abb. 3-18: Vergleich der gemessenen (punktierte Linie) und simulierten (durchgezogene Linie) Wasserstände in der Unteren Havel für das Hochwasserereignis 2002 (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar)

3.2.2.2 Extrem-Hochwasserereignis (HSZ-H 2)

Im Kapitel 3.2.1.2 wurde die Erstellung des Extrem-Hochwasserszenarios beschrieben. Für dieses Szenario wurde mit dem Gekoppelte Speicher Modell die Wasserstands- und Abflussentwicklung simuliert (Abb. 3-19 und Abb. 3-20). Der Simulationszeitraum reicht vom 18.08. (Vollabschluss der Havel gegenüber der Elbe) bis zum 29.09. (weitgehende Entleerung der Polder). Trotz Hinzunahme des Polders Große Grabenniederung im Vergleich zum Szenario 2002 werden um ca. 30 cm höhere Wasserstände in den Flutungspoldern und den Havelabschnitten erreicht.

Das Extrem-Hochwasserereignis wurde auch für die ungesteuerte Flutungsoption mit dem GS-Modell simuliert. Wie in Kapitel 3.2.1.3 erläutert, wird der Begriff „ungesteuert“ in diesem Fall als freie Anbindung der Flutungspolder an die Havel ab Simulationsbeginn (Vollabschluss der Havel gegenüber der Elbe) verstanden. Das Einströmen des Wassers in die Polder findet somit ca. 3 bis 4 Tage eher als bei der gesteuerten Öffnung der Polder statt. Da die Ausgangswasserstände zu Modellbeginn denen des Hochwasserszenarios 2002 entsprechen, sinken durch das Einströmen des Wassers zunächst die Außenwasserstände im Havelabschnitt Strohdehner Brücke bis Wehr Grütz stärker ab (Abb. 3-22). Durch die räumliche Verteilung des Wassers auf die Polder vor Öffnung des Wehres Neuwerben am 20.08. steigt der Wasserstand im Abschnitt Quitzöbel bis Havelberg geringer an als bei der gesteuerten Flutung, bei der die Öffnung der Polder zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt ist. Ab dem Zeitpunkt der maximalen Füllung der Polder unterschieden sich die Wasserstände zwischen beiden Varianten nur noch unwesentlich, da das gesamte im Havel- und Poldersystem befindliche Volumen bei beiden Flutungsvarianten gleich ist.

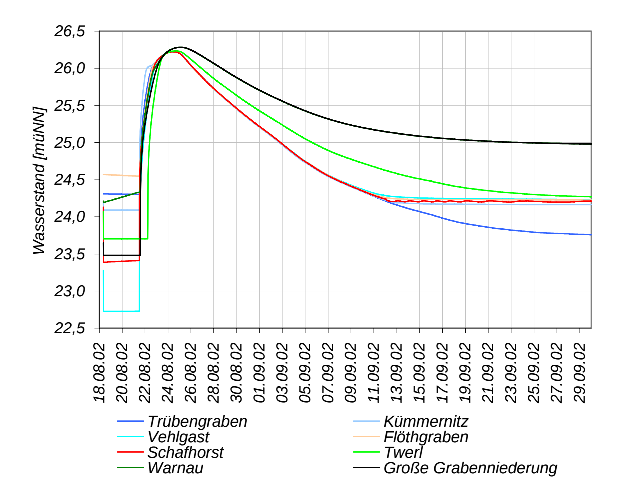


Abb. 3-19: Simulierte Wasserstände in den Flutpoldern für das Extrem-Hochwasserereignis, gesteuert

Abb. 3-20: Simulierte Wasserstände in der Unteren Havel für das Extrem-Hochwasserereignis, gesteuert (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar, Abschnitt Wehr Grütz–Rathenow nicht abgebildet)

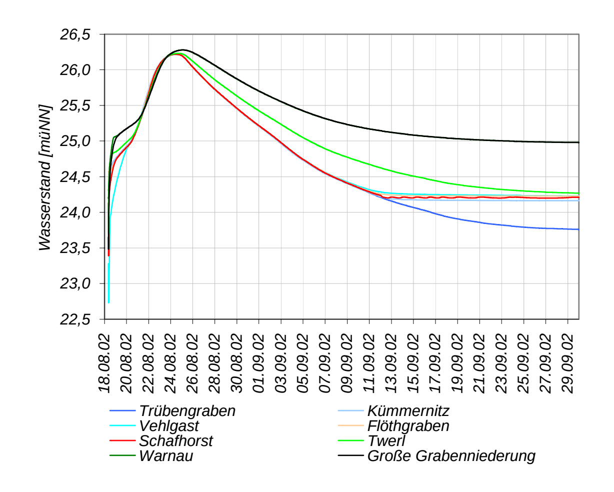


Abb. 3-21: Simulierte Wasserstände in den Flutpoldern für das Extrem-Hochwasserereignis, ungesteuert

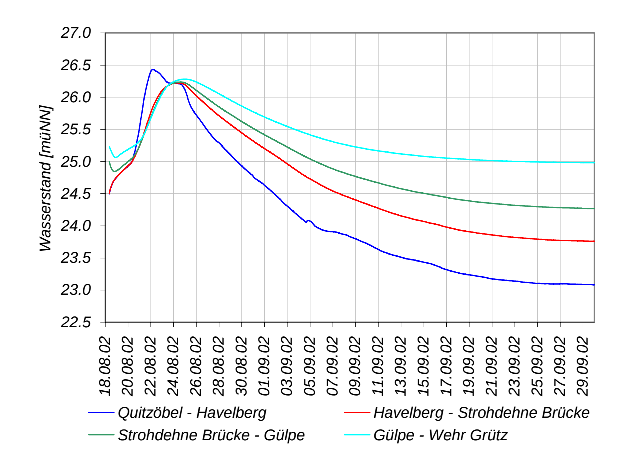


Abb. 3-22: Simulierte Wasserstände in der Unteren Havel für das Extrem-Hochwasserereignis, ungesteuert (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar, Abschnitt Wehr Grütz–Rathenow nicht abgebildet)

3.2.2.3 Hochwasserereignisse mit veränderten Speicherkonfigurationen und Anfangsbedingungen

Über die Simulation der definierten Hochwasserszenarios hinaus wurden exemplarisch weitere Simulationen mit veränderten Speicherkonfigurationen und Anfangsbedingungen durchgeführt. Hierdurch wird demonstriert, dass das Gekoppelte Speicher Modell für die Simulation verschiedener Szenarios und zur Untersuchung der Auswirkung von Parameteränderungen auf die Abfluss- und Wasserstandsentwicklung geeignet ist. Beispielhaft wurde ausgehend vom Hochwasserszenario 2002 (vgl. simulierte Wasserstände in Abb. 3-17 und Abb. 3-18) jeweils ein Parameter variiert, um dessen Auswirkungen auf die Entwicklung der Wasserstände in der Unteren Havel und den Flutpoldern aufzuzeigen. Die betrachteten zusätzlichen Szenarios bedeuten jedoch keine Änderung des Hochwasserscheitels der Elbe gegenüber dem Hochwasserszenario 2002, da die Randbedingungen des Zuflusses von Havel, der Abnahme aus der Elbe und der Abgabe des Havelabflusses in den Gnevsdorfer Vorfluter beibehalten wurden.

Folgende Simulationen wurden durchgeführt:

- Hochwasserereignis 2002 unter Einbeziehen des Polders Großen Grabenniederung in die Flutung

- Hochwasserereignis 2002 unter Berücksichtigung einer Vorfüllungen der Polder bis zu einem Wasserstand von 24,92 müNN
- Hochwasserereignis 2002 mit verändertem Grundwasserstand.

Die Große Grabenniederung wurde bei dem Hochwasser 2002 nicht geflutet. Der Polder ist mit ca. 25,8 Mio. m³ bzw. 23 % des Gesamtpoldervolumens der größte der sechs Flutungspolder. In der Simulation erfolgt die Flutung der Großen Grabenniederung aus dem Havelabschnitt Gülpe – Wehr Grütz über eine 60 m breite Bresche am 21.08. 12:40. Die Hinzunahme des Polder in die Flutung für das Hochwasserszenario 2002 bewirkte sowohl in den simulierten Flussabschnitten als auch in den Poldern eine Absenkung der Maximalwasserstände um ca. 10 cm (Abb. 3-23 und Abb. 3-24). Erwartungsgemäß zeigt sich der geringste Einfluss am Flussabschnitt Quitzöbel - Havelberg, der am weitesten flussabwärts gelegen ist.

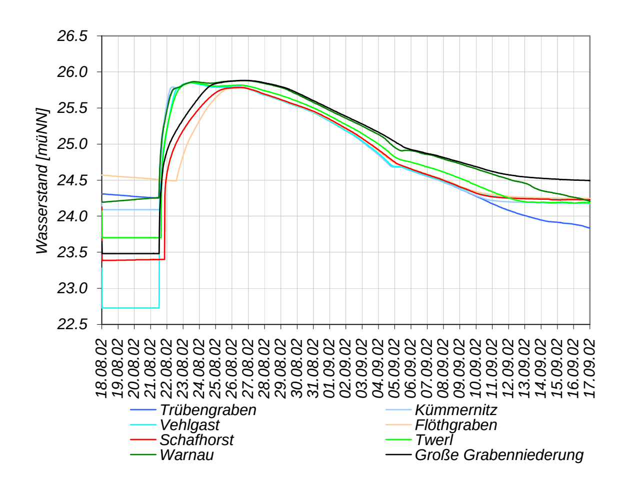


Abb. 3-23: Simulierte Wasserstände in den Flutpoldern für das Hochwasserereignis 2002 unter Hinzunahme des Polders Große Grabenniederung

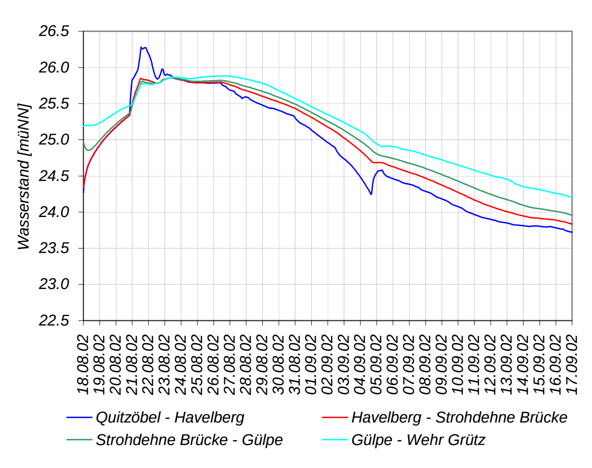


Abb. 3-24: Simulierte Wasserstände in der Unteren Havel für das Hochwasserereignis 2002 unter Hinzunahme des Polders Große Grabenniederung (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar)

Bei der Simulation des Hochwasserereignisses 2002 wurde angenommen, dass die Polder keine Vorfüllung besitzen. Durch die Erhöhung der Anfangswasserstände in den Poldern steht das durch die Vorfüllung eingenommene Volumen im Hochwasserfall nicht für die weitere Speicherung von Wasser zur Verfügung.

Die Frage der Vorfüllung der Flutungspolder wird in beiden Bundesländern derzeit unterschiedlich gehandhabt. In Sachsen-Anhalt werden die Polder gegenwärtig entsprechend den abgestimmten Sommer- und Winterpeilen weitestgehend leer gepumpt[2]. Die Vorfüllung ist für den Hochwasserschutz vernachlässigbar. Für die brandenburgischen Polder wurde die Vorfüllung auf eine Wasserspiegelhöhe von 24,92 müNN festgesetzt[3]. Dieser Wert ergibt sich aus dem laut Ländervereinbarung von Brandenburg aufzunehmendem Volumen von 65,5 Millionen m³.

Die Vorfüllung der Polder bis zu einem Wasserstand von 24,92 müNN entspricht einem Volumen von ca. 12 Millionen m³. Durch die Vorfüllung ergeben sich gegenüber dem Referenzereignis 2002 um ca. 5 cm höhere Maximalwasserstände (Abb. 3-25 und Abb. 3-26).

[2] Mündliche Mitteilung Herr Kürschner (LHW Sachsen-Anhalt) 05/2003

[3] Mündliche Mitteilung Herr Schwenke (LUA Brandenburg) 03/2003

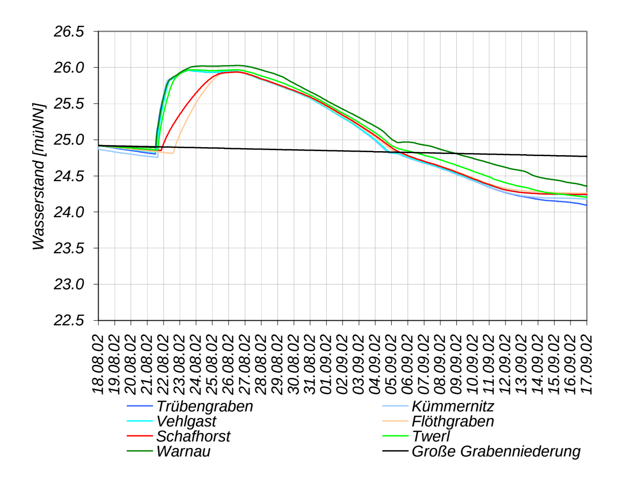


Abb. 3-25: Simulierte Wasserstände in den Flutpoldern für das Hochwasserereignis 2002 mit einer Vorfüllung der Polder bis zu einer Höhe von 24,92 müNN

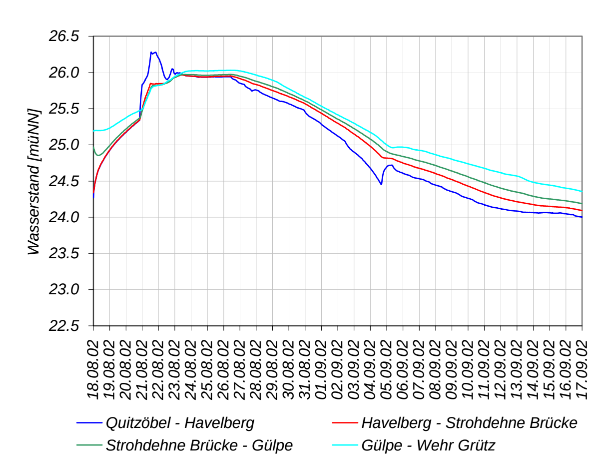


Abb. 3-26: Simulierte Wasserstände in der Unteren Havel für das Hochwasserereignis 2002 mit einer Vorfüllung der Polder bis zu einer Höhe von 24,92 müNN (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar)

Im Gekoppelten Speicher Modell ist ein verzögert reagierender Grundwasserspeicher implementiert. Bei der Simulation des Hochwasserereignisses 2002 wurden Anfangsgrundwasserstände aufgrund von Pegelmessungen grob abgeschätzt und Annahmen über die auffüllbare Porosität (einheitlich 0.16) und die Größe des durch die Flutung beeinflussten Gebietes getroffen.

Um die Sensitivität der Modellergebnisse gegenüber den getroffenen Annahmen aufzuzeigen, wurde eine Simulation mit der extremen Anfangsbedingung eines vollständig gesättigten Bodens durchgeführt. Der Boden besitzt somit keine auffüllbare Porosität. Verglichen mit dem Referenzereignis 2002 werden ohne Grundwasserspeicherung um ca. 20 cm höhere Maximalwasserstände in den Flutungspoldern und Havelabschnitten erreicht (Abb. 3-27 und Abb. 3-28).

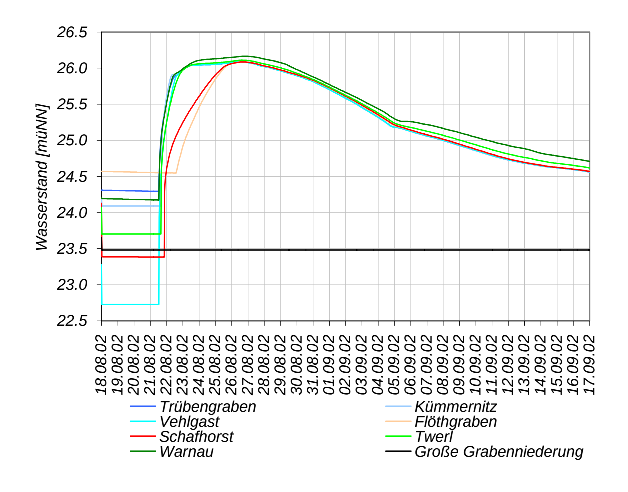


Abb. 3-27: Simulierte Wasserstände in den Flutpoldern für das Hochwasserereignis 2002 ohne Grundwasserspeicherung

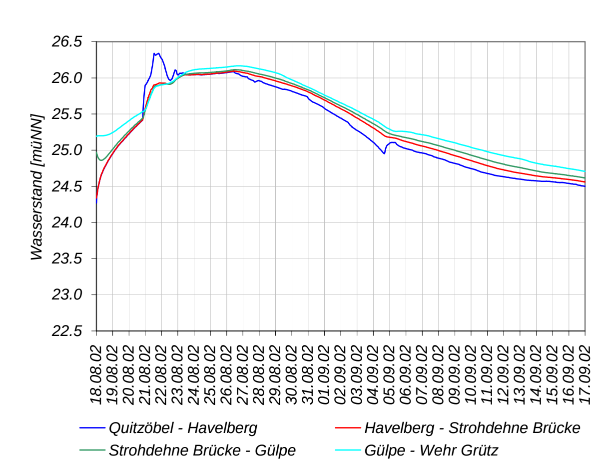


Abb. 3-28: Simulierte Wasserstände in der Unteren Havel für das Hochwasserereignis 2002 ohne Grundwasserspeicherung (Werte für modellierte Havelabschnitte stellen mittlere Wasserstände dar)

3.2.3 Erhebung der Flächenbetroffenheit

Grundlage für die Erhebung der Flächenbetroffenheit sind die in Kapitel 3.2.2 dargestellten Wasserstandsganglinien für die beiden Hochwasserszenarios HSZ-H1 und –H2 für die einzelnen Polder. Aus Sicht der Schadenermittlung in der Landwirtschaft ist eine zeitliche Differenzierung in Flächenbetroffenheitsklassen von fünf Tagen ausreichend. Entsprechend wurden nach der in Kapitel 3.1.3 beschriebenen

Methodik aus den Wasserständen die Überflutungsflächen je Zeitschritt ermittelt, aus der die Flächenbetroffenheit in äquidistanten 5-Tages-Schritten für die Gesamtdauer des Überstaus für jeden einzelnen Polder abgeleitet wurde. Für die kartografische Darstellung der Flächenbetroffenheit wurde eine einheitliche Farbkodierung für alle Polder gewählt.

3.2.3.1 Hochwasserereignis 2002 (HSZ-H 1)

Die Ermittlung der Flächenbetroffenheit für das Hochwasserereignis 2002 beruht auf den in den Poldern während der Flutung gemessenen Wasserständen. Bei der Übertragung in die Fläche wurde der Ansatz angewandt, der sowohl Höhenlage als auch das Polderrelief berücksichtigt. Das heißt, es werden bei einem Anstieg des Wasserspiegels nur die Gebiete geflutet, die in direkter Verbindung zu bereits überstauten Flächen stehen, während Flächen gleicher Höhenlage jedoch ohne räumliche Anbindung nicht von der Flutung betroffen werden.

Die ermittelten Flächenbetroffenheiten sind in ihrer räumlichen Verteilung auf den Karten 3.10 bis 3.15 und nach prozentualen Flächenanteilen an der Poldergesamtfläche in Tab. 3-9 dargestellt. Die unterschiedliche Anzahl von Flächenbetroffenheitsklassen für die einzelnen Polder kommt durch die unterschiedlich lange Aufzeichnung der Pegelwerte an den Pumpwerken zustande, wobei die Polder bei Ende der Pegelaufzeichnungen weitgehend entleert waren.

Für den Polder Vehlgast liegen nur Pegelwerte vom Pumpwerk Vehlgast im östlichen Teil des Polders vor. Dieser Polderteil besitzt ungünstige Entleerungsbedingungen, wie die langen Überstauzeiten zeigen. Neben den Schöpfwerkspumpen wurden im Polder Vehlgast auch mobile Pumpen zur Entleerung eingesetzt.

Den größten Anteil nicht von der Flutung betroffener Fläche besitzt Polder Kümmernitz mit knapp 60 %. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass der nördliche Teil des Polders oberhalb 26,40 müNN liegt.

Tab. 3-9: Anteil der Flächenbetroffenheitsklassen an den Poldergesamtflächen [%] für das Hochwasserereignis 2002, * Polder Große Grabenniederung wurde beim Hochwasserereignis 2002 nicht geflutet, ** der Polder Vehlgast wird durch die Straße Vehlgast - Klein Damerow zweigeteilt, nur für den östlichen Teil liegen Pegeldaten und somit auch Flächenbetroffenheiten vor, deshalb ist in dem Anteil "keine Tage" auch der westliche Teil des Polders Vehlgast enthalten

	kein Tag	1-5 Tage	6-10 Tage	11-15 Tage	16-20 Tage	21-25 Tage	26-30 Tage	31-35 Tage
Warnau	18,6	0,9	18,6	51,9	0,0	0,0	9,8	0,0
Kümmernitz	58,8	1,4	19,0	11,3	0,9	0,0	0,0	8,6
Havelberg	10,2	4,8	24,2	46,8	11,5	0,2	2,5	0,0
Twerl	12,8	3,4	20,4	28,5	11,9	23,0	0,0	0,0
Schafhorst	14,5	5,9	15,0	28,7	20,5	15,4	0,0	0,0
Großer Graben*	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vehlgast (östlicher Teil)**	50,7	0,8	4,8	4,4	5,5	4,9	3,5	25,4
Flöthgraben	29,3	13,6	7,9	23,5	17,5	8,2	0,0	0,0

3.2.3.2 Extrem-Hochwasserereignis (HSZ-H 2)

Die Ermittlung der Flächenbetroffenheit für das Extrem-Hochwasserereignis beruht auf den simulierten Wasserständen. Bei der Übertragung in die Fläche wurde der einfache Ansatz angewandt, der nur die Höhenlage berücksichtigt (Kapitel 3.1.3). Die Flächenbetroffenheiten für die gesteuerte Flutung sind auf den Karten 3.23 bis 3.29 bzw. in Tab. 3-10, für die ungesteuerte auf den Karten 3.16 bis 3.22 bzw. in Tab. 3-11 dargestellt.

Während bei der gesteuerten Variante die Polder bei Überschreiten eines Wasserstandes von 26,00 müNN in dem entsprechenden Havelabschnitt geflutet werden, besitzen die Polder bei der ungesteuerten Variante ab Simulationsbeginn (Vollabschluss der Havel gegenüber der Elbe) eine freie Anbindung an die Havel. Somit findet das Einströmen des Wassers ca. 3 bis 4 Tage eher statt. So weisen die Flächenbetroffenheitsklassen bei der ungesteuerten Flutung einen höheren oder gleich großen Flächenanteil auf als bei der gesteuerten Flutung. Betroffen von dem längeren Überstau sind insbesondere die tief liegenden Flächen. Bei

den höher liegenden Flächen mit geringer Überstaudauer ergeben sich erwartungsgemäß nur geringe Unterschiede zwischen ungesteuerter und gesteuerter Flutung.

Tab. 3-10: Anteil der Flächenbetroffenheitsklassen an den Poldergesamtflächen [%] für Extrem-Hochwasserereignis (gesteuerte Flutungsoption)

	kein Tag	1-5 Tage	6-10 Tage	11-15 Tage	16-20 Tage	21-25 Tage	26-30 Tage	31-35 Tage	36-40 Tage	> 40 Tage
Warnau	15,2	3,4	5,0	15,9	5,5	26,9	1,8	0,6	22,6	3,1
Kümmernitz	36,6	23,2	19,8	20,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Havelberg	7,7	11,8	31,4	34,7	2,3	1,0	9,1	0,4	0,1	1,5
Twerl	3,5	11,4	31,5	25,7	11,0	9,1	4,1	1,2	2,3	0,0
Schafhorst	4,7	14,1	24,7	39,9	12,8	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Großer Graben	18,6	7,3	14,0	13,8	11,6	12,5	1,8	0,6	19,7	0,0
Vehlgast	14,1	13,6	18,7	26,5	10,6	6,1	10,5	0,0	0,0	0,0
Flöthgraben	16,2	13,7	19,9	27,0	14,9	5,7	2,6	0,0	0,0	0,0

Tab. 3-11: Anteil der Flächenbetroffenheitsklassen an den Poldergesamtflächen [%] für Extrem-Hochwasserereignis (ungesteuerte Flutungsoption)

	kein Tag	1-5 Tage	6-10 Tage	11-15 Tage	16-20 Tage	21-25 Tage	26-30 Tage	31-35 Tage	36-40 Tage	> 40 Tage
Warnau	15,2	3,2	4,9	16,7	3,9	26,5	1,8	1,1	0,4	26,1
Kümmernitz	36,6	24,3	18,1	15,8	5,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Havelberg	7,7	11,2	30,8	33,8	3,5	10,4	0,6	0,3	0,1	1,7
Twerl	3,6	11,5	25,0	23,6	11,6	12,7	6,8	2,3	0,8	2,1
Schafhorst	4,8	9,3	21,9	35,5	19,3	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Großer Graben	18,7	7,3	10,2	17,5	9,1	13,7	2,1	1,2	0,4	19,7
Vehlgast	14,2	8,9	18,6	21,8	14,9	7,0	7,7	6,8	0,0	0,0
Flöthgraben	16,2	13,2	19,9	23,6	19,1	2,4	5,6	0,0	0,0	0,0

3.2.3.3 „Ökologische Flutung“ (HSZ-H 3)

Bei der Betrachtung von „Ökologischen Flutungen“ in der Unteren Havelniederung wird von einem HW2 ausgegangen. Die Erhebung der bei einem HW2 überstauten Flächen beruht nicht auf einer Modellrechnung, sondern stellt lediglich eine Übertragung der Wasserspiegelhöhen in die Fläche dar (Tab. 3-12). Durchschnittlich 24 % der Polderflächen sind bei einem HW2 betroffen.

Tab. 3-12: Betroffene Flächen bei einer „Ökologischen Flutung“ bis auf Höhe eines HW2

Polder	Wasserspiegelhöhe bei HW2 [müNN]	Fläche [m³]	Anteil an Gesamtfläche [%]
Warnau	24,92	1.811.247,03	22,68
Kümmernitz	24,77	238.318,94	4,78
Havelberg	24,62	1.784.584,87	11,74
Twerl	24,92	2.745.056,97	30,26
Schafhorst	24,92	6.251.190,38	34,95
Großer Graben	25,09	5.687.551,98	23,09
Vehlgast	24,77	3.449.978,29	34,53
Flöthgraben	24,92	2.938.829,79	29,63

3.3 Neuzeller Niederung

3.3.1 Hydrologische und morphologische Situation der Neuzeller Niederung

Der Oderabschnitt im Bereich der Neuzeller Niederung ist hydrologisch und geomorphologisch der Mittleren Oder zuzuordnen und wird in seinem Abflussverhalten durch eine hohe Wasserführung bei Schnee-

schmelze (März/April) und durch geringe Abflüsse im Sommer geprägt. Starke Niederschläge im Oberlauf der Oder während der sommerlichen Niedrigwasserperiode führen in der Regel zu kurzen steilen Hochwasserwellen (Juli/August).

Das Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde unterhält in dem für die Niederung relevanten Abschnitt die Pegelanlagen Ratzdorf (km 542,5 / Pegelnullpunkt 28,51 müNN) und Eisenhüttenstadt (km 554,1 / Pegelnullpunkt 25,17 müNN). Abb. 3-29 zeigt die Ganglinie des Wasserstandes am Pegel Ratzdorf für die Jahre 1992 – 2002. Es ist deutlich zu erkennen, dass im Sommer und Herbst - mit Ausnahme der Sommerhochwasser - Wasserstände unter MW vorherrschen, während sie im Winter und Frühjahr häufig drei bis sechs Monate ununterbrochen oberhalb MW liegen.

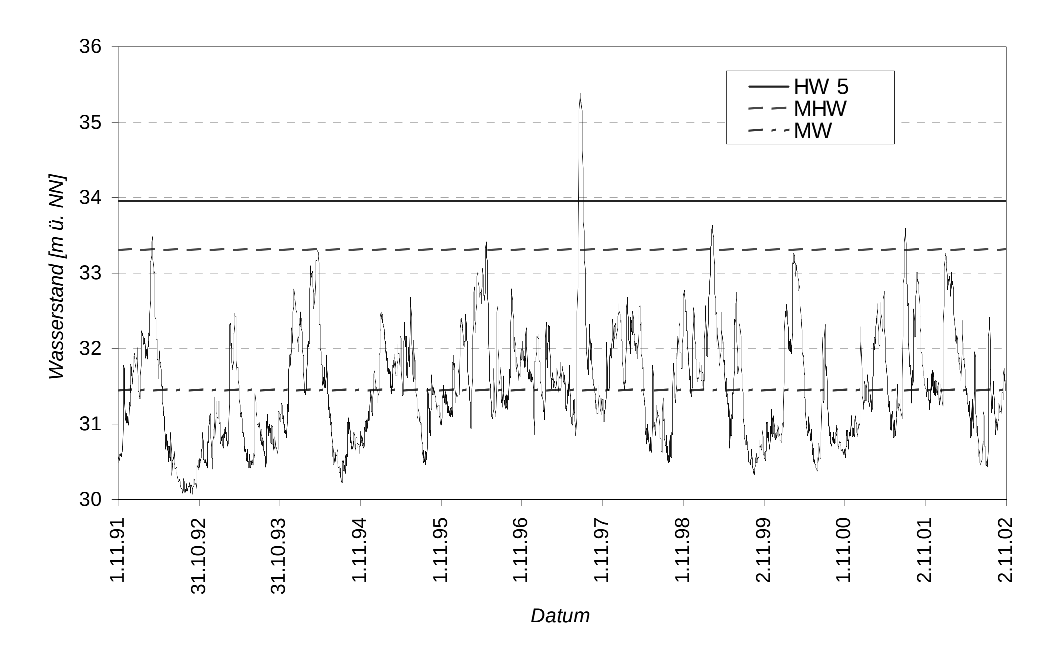


Abb. 3-29: Wasserstand der Oder am Pegel Ratzdorf für die Jahre 1992 – 2002 (Pegeldaten: WSA Eberswalde)

Aus den Tagesmittelwerten der Wasserstände der nur 11,6 km auseinander liegenden Messpegel wurde das Wasserspiegelgefälle dieses Oderabschnitts in Abhängigkeit vom Abfluss mit 0,027 bis 0,0295 % berechnet. Eine gleichzeitige Ermittlung des Wasserspiegelgefälles aus den Hauptwerten sowie aus dem Laserscan-DGM ergab Werte in vergleichbaren Größenordnungen. Die benötigten Wasserstands-Ganglinien für die Deichöffnungen bzw. Bauwerke der zu betrachtenden Szenarios wurden entweder durch Interpolation der beiden Ganglinien an den Pegeln oder aus der Ganglinie eines Pegels und dem Gefälle berechnet.

In Tab. 3-13 sind die aus mehrjährigen Reihen vom Landesumweltamt Brandenburg ermittelten hydrologischen Hauptwerte der Wasserstände für beide Pegel und die für die untersuchten Szenarios relevanten Hochwasserwahrscheinlichkeiten der Wasserstände zusammengefasst.

Die regelmäßige Wasserstandsbeobachtung am Pegel Ratzdorf erfolgt erst seit dem Abflussjahr 1991. Eine Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten aus den Pegeldaten ist deshalb aufgrund der geringen Datenmengen für diesen Pegel nicht möglich. Daher wurden die angegebenen Wiederkehrintervalle der Wasserstände HW 1 bis HW 200 für den Pegel Ratzdorf über die Pegel Frankfurt (Oder) sowie Eisenhüttenstadt extrapoliert.

Die Wiederkehrintervalle der Wasserstände HW 1 und HW 2 für kleine Hochwasser entstammen einer Berechnung mit einer partiellen Serie[4] der Jahresreihe 1901/2002 (ohne 1945). Zur Ermittlung der für die Flutungsszenarios wichtigen Hauptwerte und Wiederkehrintervalle der Wasserstände an definierten Deichöffnungen werden die in Tab. 3-13 angegebenen Werte zwischen den Pegeln Ratzdorf und Eisenhüttenstadt interpoliert.

[4] alle Ereignisse, die voneinander unabhängig sind und einen Schwellenwert überschreiten – auch mehrmals jährlich

Tab. 3-13: Hydrologische Hauptwerte und Wiederkehrintervalle der Wasserstände an den Pegeln Ratzdorf und Eisenhüttenstadt

Pegel	**Oder-km**	**Jahresreihe**	**Hauptwerte [müNN]**		**Wiederkehrintervall Wasserstände [müNN]**	
Ratzdorf	542,5	Hauptwerte: 1991/02	NNW	30,07	HW 1	33,08
			NW	30,07	HW 2	33,41
			MNW	30,45	HW 5	33,96
			MW	31,45	HW 10	34,36
			MHW	33,31	HW 20	34,66
			HW	35,42	HW 50	34,99
			HHW	35,42	HW 100	35,19
					HW 200	35,39
Eisenhütten-stadt	554,1	Hauptwerte: 1991/02 Wiederkehr-intervalle[5]: 1901/1997 (ohne 1945)	NNW	26,54	HW 1	29,92
			NW	26,54	HW 2	30,27
			MNW	27,04	HW 5	30,82
			MW	28,06	HW 10	31,22
			MHW	29,99	HW 20	31,52
			HW	32,34	HW 50	31,87
			HHW	32,34	HW 100	32,07
					HW 200	32,27

Die morphologischen Verhältnisse in der Neuzeller Niederung werden durch das dreidimensionale Digitale Geländemodell im 5 m-Raster mit guter Genauigkeit nachgebildet. Karte 3.9 zeigt eine zweidimensionale Darstellung des DGM, bei der die Höhen durch unterschiedliche Farbgebung markiert sind. Es ist deutlich erkennbar, dass die Niederung an ihrem West- und Südrand auf natürliche Weise durch das stark ansteigende Gelände begrenzt wird. Lediglich im mittleren Teil der südlichen Begrenzung ist eine Absenkung zu beobachten, wodurch eine Verbindung zur Neißeaue entsteht. Weiterhin fällt bei Betrachtung des Untersuchungsgebietes auf, dass das Gelände im Querprofil vom Westrand nicht kontinuierlich zur Oder hin abfällt, sondern vor der Oder noch einmal ansteigt. Abb. 3-30 zeigt ein in Höhe des Oder-km 549,6 aus dem DGM abgeleitetes Querprofil, bei dem aufgrund der überhöhten Darstellung dieser Verlauf besonders deutlich wird. Diese morphologische Besonderheit hat zur Folge, dass im Falle der Nutzung der Niederung als Flutungspolder eine Entleerung zur Oder nicht problemlos möglich ist. Selbst an günstiger gelegenen Abschnitten müsste für eine Verbindung mit der Oder über mehrere hundert Meter ein künstlicher Einschnitt in das Gelände erfolgen und auch dann würde beim Absinken des Oderpegels auf MW immer noch Restwasser in der Niederung verbleiben.

In Abb. 3-31 ist ein typisches Längsprofil der Neuzeller Niederung entlang eines Pfades vom Deich am Oder-km 543,2 durch den mittleren, tiefer gelegenen Teil der Niederung bis zum Deich am Oder-Spree-Kanal dargestellt. Zum Vergleich sind drei charakteristische Wasserstände der Oder eingetragen, deren Verläufe zwischen den beiden Endpunkten linear interpoliert wurden. Während die Geländeoberfläche im oberen Bereich der Niederung nahezu ein Meter über dem MW-Niveau liegt, fällt sie dann relativ steil bis unter MW-Niveau ab, um mit einem geringen Gefälle am Ausgang zum Oder-Spree-Kanal etwa das MW-Niveau zu erreichen. Im Mittel beträgt das Gefälle der Niederung im dargestellten Pfad 0,043 % und liegt also deutlich über dem der Oder mit ca. 0,028 %.

Die Abb. 3-30 und Abb. 3-31 lassen erkennen, dass eine im Zusammenhang mit „Ökologischen Flutungen“ diskutierte natürliche Durchströmung der Niederung von ihrem oberen Teil bis zum hierfür in Betracht gezogenen Oder-km 550 schon bei einem kleinen Hochwasser zur Ausbildung von Überflutungsflächen führen würde. Beispielsweise wird bei einem HW2 erst der untere Teil der Niederung in der vollen Breite überflutet (Abb. 3-30), bevor Wasser in die Oder zurück laufen kann. Bei MW-Niveau wären die Überflutungsflächen zwar relativ gering, die Realisierung einer Durchströmung würde aber sowohl auf der Einlass- als auch auf der Auslassseite zur Oder jeweils 2 bis 3 m tiefe Gräben erfordern.

5 Jahresreihe für HW 5 bis HW 200 (HW 1 und HW 2 siehe Text)

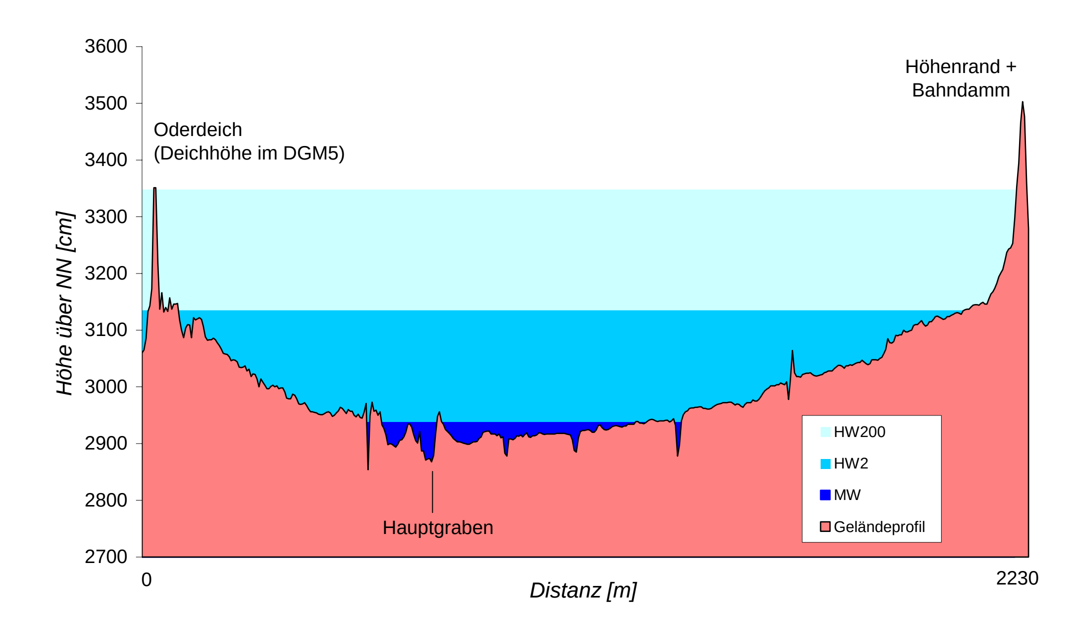


Abb. 3-30: Geländequerprofil der Neuzeller Niederung in Höhe des Oder-km 549,6 und Wasserspiegel für eine angenommene Flutung

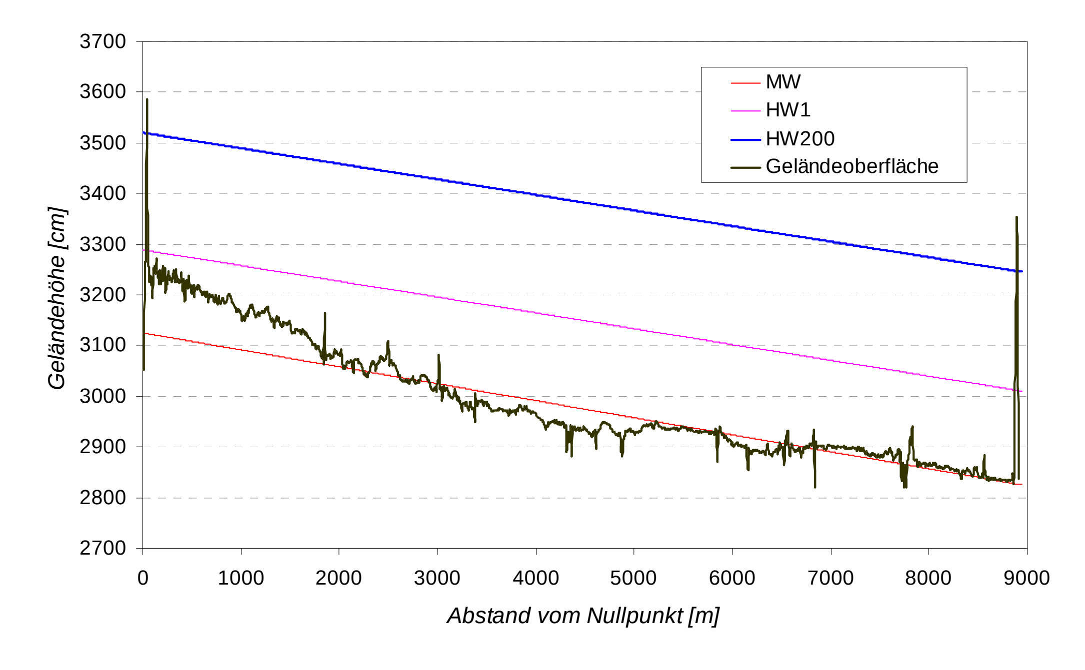


Abb. 3-31: Höhenlängsprofil in der Neuzeller Niederung vom Oder-km 543,2 bis zum Oder-Spree-Kanal und Wasserspiegel-Niveaus der Oder (interpoliert)

3.3.2 Betrachtete Hochwasser- und Flutungsszenarios

3.3.2.1 Hochwasser- und Flutungsszenarios

Unter Berücksichtigung der ersten Projektergebnisse und im Interesse von praxisnahen Untersuchungen wurden mit den Projektpartnern abgestimmte Änderungen bzw. Präzisierungen der zu untersuchenden Hochwasser- und Flutungsszenarios gegenüber der Projektbeschreibung vom Oktober 2002 vorgenommen (Tab. 3-14).

Tab. 3-14: Übersicht der untersuchten Hochwasser- und Flutungsszenarios

Hochwasserszenario		**Flutungsszenario**	
HSZ-O 1	Ganglinie 1997	FOP-O 1	ungesteuerte Flutung
		FOP-O 2	gesteuerte Flutung
HSZ-O 2	HQ 1	"Ökologische Flutung"	Schwelle unterhalb HW1
HSZ-O 3	HQ 2		
HSZ-O 4	HQ 5		

Das Hochwasserszenario HSZ-O 1 wird, wie in der Projektbeschreibung vorgesehen, für eine gesteuerte und eine ungesteuerte Flutung (FOP-O 2 und FOP-O 1) untersucht. Unter Einbeziehung der Ergebnisse von LISFLOOD (DE ROO 2003) und von Vorplanungen im Landesumweltamt Brandenburg (GUT 2003) wurden für die Flutungsoptionen folgende Varianten festgelegt:

- Gesteuerte Flutung zur Kappung des Hochwasserscheitels mit maximal 100 m³/s bzw. 200 m³/s
- Ungesteuerte Flutung als Durchströmungspolder mit zwei abgesenkten Deichschwellen (Schwellenhöhe entsprechend HW 20 und HW 50)
- zwei Deichführungsvarianten (siehe Kapitel 3.3.2.2)
- Hinsichtlich der Schadenpotentiale in der Landwirtschaft soll der Fall eines Frühjahrs-Hochwassers (März) und der eines Sommer-Hochwassers (Juli/August) bewertet werden.

Ausgenommen aus den Untersuchungen wurden dafür das Eishochwasser, da es im Untersuchungsgebiet nur eine untergeordnete Bedeutung besitzt und bezüglich der Flächenbetroffenheit keine signifikanten Unterschiede zu erwarten sind sowie das Szenario "HW-Ganglinie von 1997 mit ca. 1,4 m höherem Scheitel". Unter diesen Bedingungen würden bereits die oberhalb gelegenen polnischen Deiche überströmt werden.

Zur Untersuchung der Flächenbetroffenheit für das Szenario eines natürlichen Wechsels von zuströmendem Hochwasser und Trockenfallen („Ökologische Flutung") soll zusätzlich die Möglichkeit der Flutung eines Teils der Neuzeller Niederung für kleinere Hochwasser geprüft werden, so wie es auch bereits beispielsweise am Rhein praktiziert wird (z.B. LFU 1999). Dadurch wäre, bei Zustimmung der betroffenen Nutzer, eine Anpassung der Biozönosen und damit auch der Grünflächen an Überflutungsereignisse möglich. Auf diese Weise könnte zudem der Eingriff bei Flutung der Niederung im Falle eines Extremereignisses gemindert werden (PFARR 2002; HENRICHFREISE 2003). Die Szenarios HSZ-O 2, HSZ-O 3 bzw. HSZ-O 4 beschreiben eine Flutung der Neuzeller Niederung für ein einjähriges, zweijähriges bzw. fünfjähriges Hochwasser über ein steuerbares Einlassbauwerk am Oder-km 543,2 mit einer noch genauer zu definierenden Schwelle zwischen MW und HW 1.

3.3.2.2 Varianten der Deichführung

Für die Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder wäre eine ähnliche Lösung wie für die Flutpolder A/B und 10 an der Unteren Oder (DOHLE et al. 1999) nahe liegend, d.h. die alte Deichlinie an der Oder zwischen Ratzdorf und dem Stadtgebiet Eisenhüttenstadt bleibt als Leitdeich erhalten, der neu zu errichtende Schutzdeich für Ratzdorf und Neuzelle wird am Südrand und Westrand der Niederung entlang geführt. Unter Berücksichtigung der Interessen der Landnutzer, des Hochwasserschutzes, des Naturschutzes und baufachlicher Aspekte sind dabei verschiedene Varianten der Deichführung und der Poldernutzung zu untersuchen und abzuwägen. Zurzeit werden die vier folgenden in der Karte 3.30 dargestellten Varianten der Deichführung im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsstudie (GUT 2003) geprüft (die hier gewählte Nummerierung ist nicht identisch mit der der UVS):

Deichvariante 1: Weiträumige Rückverlegung des Deiches an den Rand der Neuzeller Niederung mit nördlicher Querung der Niederung

Der südliche Abschnitt der Trasse verläuft zunächst zwischen Ratzdorf und dem Höhenzug bei Wellmitz. Am Ende des Höhenzuges wird der Deich parallel zur Bahnlinie in nördlicher Richtung fortgesetzt. Die Querung der Neuzeller Niederung ist ca. 900 m nördlich des Bahnüberganges bei Lawitz vorgesehen und verläuft nahezu rechtwinklig zur Bahn in Richtung Oder-km 550,0. Die genaue Anbindung an den alten Deich ist hier noch nicht präzisiert (aus hydraulischen Gründen ist ein weiterer Bogen als dargestellt zu bevorzugen, für die durchgeführten Volumenberechnungen ist dies jedoch praktisch ohne Belang).

Deichvariante 2: Weiträumige Rückverlegung des Deiches an den Rand der Neuzeller Niederung mit nördlicher Anbindung an den Deich des Oder-Spree-Kanals

In Abwandlung zur Deichvariante 1 wird die parallel zur Bahnlinie verlaufende Deichlinie nach Norden unter Aussparung der Kolonie 01 bis zum Oder-Spree-Kanal weitergeführt. Zwischen Oder-Spree-Kanal (ca. 200 m nördlich des Schöpfwerkes Eisenhüttenstadt) und dem Oderdeich (nördlich Oder-km 550,0) wird ein zusätzlicher Deich zum Schutz der Kolonien 15, 16 und 19 errichtet.

Deichvariante 3: Modifikation der Variante 1

Die Querung der Neuzeller Niederung beginnt schon in Höhe des Bahnüberganges, der Anschluss an den Oderdeich entspricht der Variante 1.

Deichvariante 4: Rückverlegung des Deiches an den Hauptgraben

Im Unterschied zur Deichvariante 1 wird der Deich nicht bis zur Bahnlinie zurückverlegt, sondern nur bis zum Hauptgraben.

In der vorliegenden Arbeit sollen hinsichtlich der Flutungsoptionen nur die Varianten 1 und 2 als Hauptvarianten näher untersucht werden. Für die Varianten 3 und 4, die Modifizierungen der Variante 1 darstellen, werden die aus dem DGM abgeleiteten Wasserstands-Volumen-Beziehungen quantifiziert.

3.3.2.3 Retentionsvolumina und Wasserstands-Volumen-Beziehungen

Tab. 3-15 zeigt die aus dem DGM abgeleiteten Retentionsflächen und Retentionsvolumina der vier Deichvarianten. Dabei wurden die Deichlinie des vorhandenen Oderdeiches, die Deichlinien der geplanten Neubaudeiche und die natürliche Höhenrand-Begrenzung (35m-Höhenlinie) angenommen. Für die Flutung durch eine Deichöffnung am Oder-km 549,0 (siehe Kapitel 3.3.2.4) muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Deiche unterhalb dieses Oder-Kilometers (insbesondere bei Deichvariante 2) nicht die dazu erforderlichen Höhen aufweisen und somit das angegebene Volumen ohne zusätzliche Aufhöhungen nicht voll genutzt werden könnte.

Tab. 3-15: Retentionsflächen und Retentionsvolumina für verschiedene Deichvarianten

Variante	Polder- Fläche [m²]	Anteil von Gesamtfläche [%]	Volumen für HW 200	
			Einlass km 549 [m³]	Einlass OSK [m³]
Gesamt	20.251.000	100	64.809.000	42.149.000
1	14.885.000	73,5	48.925.000	
2	16.733.000	82,6	57.428.000	37.871.000
3	13.806.000	68,2	44.667.000	
4	7.259.000	35,8	21.139.000	

Die aus dem DGM für jede der 4 Deichvarianten ermittelten Wasserstands-Volumen-Beziehungen sind in Abb. 3-32 dargestellt. Analog der Anmerkung zu Tab. 3-15 muss auch hier ohne zusätzliche Maßnahmen die im Überflutungsraum niedrigste Deichhöhe als oberste Grenze für den Wasserstand im Polder angesetzt werden.

Für die numerische Berechnung der Wasserstandsentwicklung im geöffneten Polder ist eine Beschreibung der abgebildeten Kurven durch Funktionen wünschenswert. Da die in Abb. 3-32 gezeigten Kurvenverläufe sich nicht durch je eine Funktion darstellen lassen, wurden sie in vier Abschnitte geteilt. Jeder Kurvenabschnitt ließ sich dann mit ausreichender Genauigkeit durch eine Funktion der Form

$$W(V) = aV^3 + bV^p + cV + d \qquad \text{Gl. 3-8}$$

beschreiben, wobei der steile Anstieg am Beginn durch eine Potenzfunktion $W = bV^p$ und die anderen drei Abschnitte durch je ein Polynom ($p = 2$) beschrieben werden. Die für die Deichvarianten 1 und 2 ermittelten Koeffizienten bzw. Exponenten sind aus den Anlagen 3.1 und 3.2 ersichtlich.

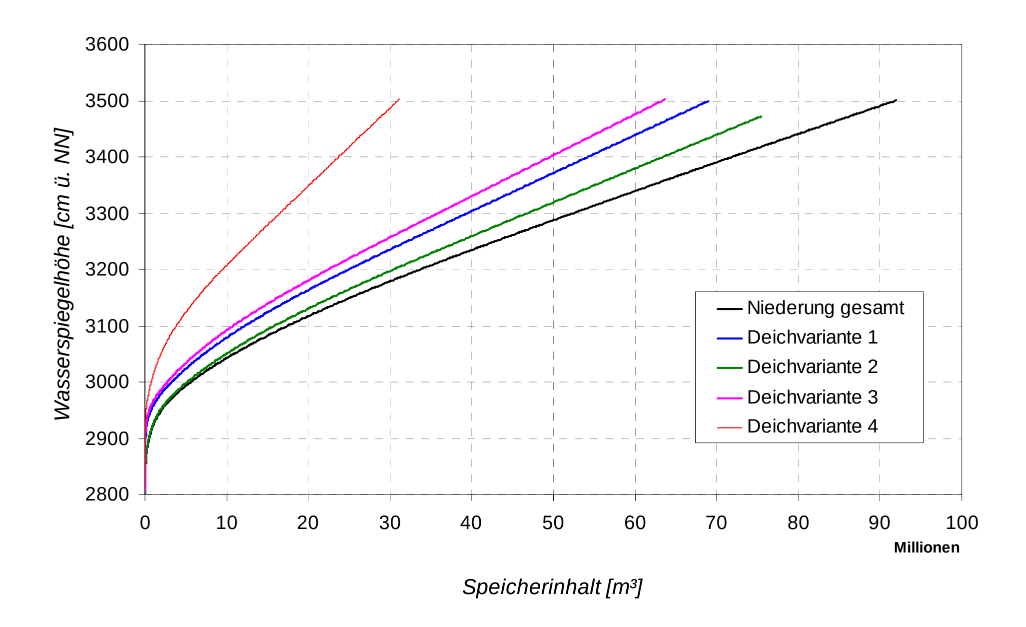


Abb. 3-32: Wasserstands-Volumen-Beziehungen der Neuzeller Niederung für verschiedene Deichführungsvarianten (ermittelt aus Laserscan-DGM)

3.3.2.4 Bauwerksvarianten

Zur Berechnung der Wasserstandsentwicklung in der Neuzeller Niederung im Falle einer Flutung sind für die entsprechend Kapitel 3.3.2.1 zu untersuchenden Flutungsszenarios die genaue Lage und die Parameter der Ein- bzw. Auslassbauwerke festzulegen. Wesentliche Randbedingungen sind hierbei die morphologischen Verhältnisse aus dem Digitalen Geländemodell und die ausgewählte Deichvariante.

Gesteuerte Flutung

Eine gesteuerte Flutung erfolgt in der Regel von einer am unterstromigen Polderrand gewählten Deichöffnung (Oder-km 550,0 im Falle der Deichvariante 1). Für die Berechnungen wurde ein Einlassbauwerk am Oder-km 549,0 angenommen, da an dieser Stelle die Verbindung zur Oder besonders kurz ist (Abb. 3-33 und Abb. 3-34), das Retentionsvolumen gegenüber einer Flutung vom km 550,0 größer ist und das Bauwerk nicht in die unmittelbare Nähe des Anschlusses zum Querdeich gesetzt werden sollte. Die gegenüber km 550,0 um ca. 28 cm größere erforderliche Deichhöhe des Neubaudeiches kann in der Planung berücksichtigt werden. Für die Wehrschwelle wurde eine Kronenhöhe von 31,30 müNN angesetzt, das entspricht der mittleren Geländehöhe am landseitigen Deichfuß (vgl. Abb. 3-30).

Unter Berücksichtigung der von DE ROO (2003) im Rahmen der LISFLOOD-Simulationen zur Abschätzung der Retentionswirkung der Neuzeller Niederung getroffenen Annahmen wurden für die vorliegenden Untersuchungen als maximale Zuflussraten in den Polder 100 bzw. 200 m³/s angesetzt. Die Breite der Einlassöffnung(en) des Wehres muss danach zwischen 20 und 40 m betragen.



Abb. 3-33: Buhnenfeld am Oder-km 549,0



Abb. 3-34: Deich mit Buhnenfeld am Oder-km 549,0

Auf die für eine gesteuerte Flutung vom Oder-km 549,0 im Falle der Deichvariante 2 bestehenden Probleme hinsichtlich der vorhandenen Deichhöhen am Oder-Spree-Kanal wurde bereits hingewiesen. Eine gesteuerte Flutung vom Oder-Spree-Kanal aus wird nicht betrachtet, da zum einen das Retentionsvolumen nach Tab. 3-15 deutlich abnimmt und zum anderen der Einfluss des Kanals auf die Scheitelkappung der Oder durch die verwendeten Modelle nicht berücksichtigt werden kann.

Ungesteuerte Flutung

Für das Szenario einer ungesteuerten Flutung wird eine Durchströmungsvariante mit zwei Bauwerken gewählt. Dazu werden im oberen und im unteren Teil der Niederung die Deichkronen abgesenkt und befestigt, so dass im Hochwasserfall ein Überströmen möglich ist (Streichwehr). Nach dem Einströmen des Wassers über beide Bauwerke stellt sich eine Durchströmung der Niederung ein, wodurch der Fließquerschnitt der Oder stark aufgeweitet wird.

Auf Grund seiner Nähe zur Oder bietet sich für das obere Bauwerk der Oder-km 543,2 an (Abb. 3-35 und Abb. 3-36), für das untere Bauwerk wird für die Deichvariante 1 in diesem Fall der Oder-km 550,0 gewählt. Für die Deichvariante 2 befindet sich die abgesenkte Auslaufschwelle in der Nähe des Schöpfwerkes Eisenhüttenstadt.

In Abhängigkeit von der Schwellenhöhe und vom gewünschten Durchfluss sind für die Längen der abgesenkten Deichschwellen ca. 100 bis 400 m anzusetzen, so dass bei den km-Angaben aus baulichen Gründen Abweichungen einkalkuliert werden sollten. Die Berechnung der Wasserstandsentwicklung im Polder wird für dieses Flutungsszenario mit einer Länge der abgesenkten Deichschwelle von 175 m für beide Bauwerke durchgeführt.

Die Schwellenhöhen werden für die Option HW 20 wie folgt gewählt:

- Oberes Bauwerk: 34,47 müNN
- Unteres Bauwerk: 32,63 müNN (DV 1) bzw. 31,71 müNN (DV 2).

Für die Option HW 50 betragen die gewählten Schwellenhöhen:

- Oberes Bauwerk: 34,80 müNN
- Unteres Bauwerk: 32,97 müNN (DV 1) bzw. 32,06 müNN (DV 2).

Für die Entleerung des Polders wird bei der Deichvariante 1 ein kleines geregeltes Auslassbauwerk mit einer Schwellenhöhe auf Mittelwasserniveau (29,26 müNN) und einer Breite von 10 m am Oder-km 550,0 vorgesehen. Bei der Deichvariante 2 wird mit einem Auslassbauwerk mit einer Sohlhöhe von 26,5 müNN und einer Breite von 4 m gerechnet.



Abb. 3-35: Deich mit Buhnenfeld am Oder-km 543,2



Abb. 3-36: Neuzeller Niederung mit Durchbruchgraben (verschilft) am Oder-km 543,2

„Ökologische Flutungen"

Für das Szenario der „Ökologischen Flutungen" soll die Möglichkeit einer Durchströmung bei kleinen Hochwasserereignissen geprüft werden. Dazu werden folgende Annahmen getroffen:

- Regelbares Einlassbauwerk am Oder-km 543,2
- Höhe der Wehrkrone = 32,26 müNN (entspricht mittlerer Geländehöhe)
- Breite der Krone b = 10 m

Für die Auslassbauwerke werden die gleichen Parameter wie für die o. g. Entleerungsbauwerke bei der ungesteuerten Flutung gewählt.

3.3.3 Abfluss- und Wasserstandsentwicklung im Flutungsfall

3.3.3.1 Gesteuerte Flutung für HSZ-O 1

Für die gesteuerte Flutung werden die im Kapitel 3.3.2.4 genannten Parameter für das Einlassbauwerk gewählt. Die Wahl des Zeitpunkts der Öffnung des Wehres ist von großer Bedeutung für die optimale Nutzung des verfügbaren Retentionsraumes zur Kappung des Hochwasserscheitels (siehe Kapitel 3.3.5). Für die hier vorgenommene Berechnung wurde die Öffnung bei Erreichen eines Wasserstandes von 33,4 müNN am Wehr, das entspricht etwa HW 100, angesetzt.

Für die Deichvariante 2 wird angenommen, dass die unterhalb km 549 liegenden Abschnitte des Altdeiches (sofern sie den Polder begrenzen) auf das für km 549 maßgebende Niveau erhöht werden. Die Entleerung des Polders bei sinkendem Oderpegel findet bis zur Höhe der Wehrschwelle über das Einlassbauwerk und danach für die Deichvariante 2 über den Freiablass des Pumpwerkes Eisenhüttenstadt statt.

Die Restentleerung für die Deichvariante 1 wird – nach Erreichen eines geeigneten Wasserstandes der Oder – über ein Siel im Querdeich, den Hauptgraben und das Pumpwerk Eisenhüttenstadt zum Oder-Spree-Kanal vorgenommen.

Gesteuerte Flutung für die Deichvariante 1 und Q_{max} = 200 m³

Abb. 3-37 zeigt die Ganglinie für den berechneten Wasserstand in dem Niederungsteil der Deichvariante 1. Es ist nahe liegend, die zeitliche Abfolge der Überflutung in mehrere Phasen zu unterteilen, die nachfolgend beschrieben werden.

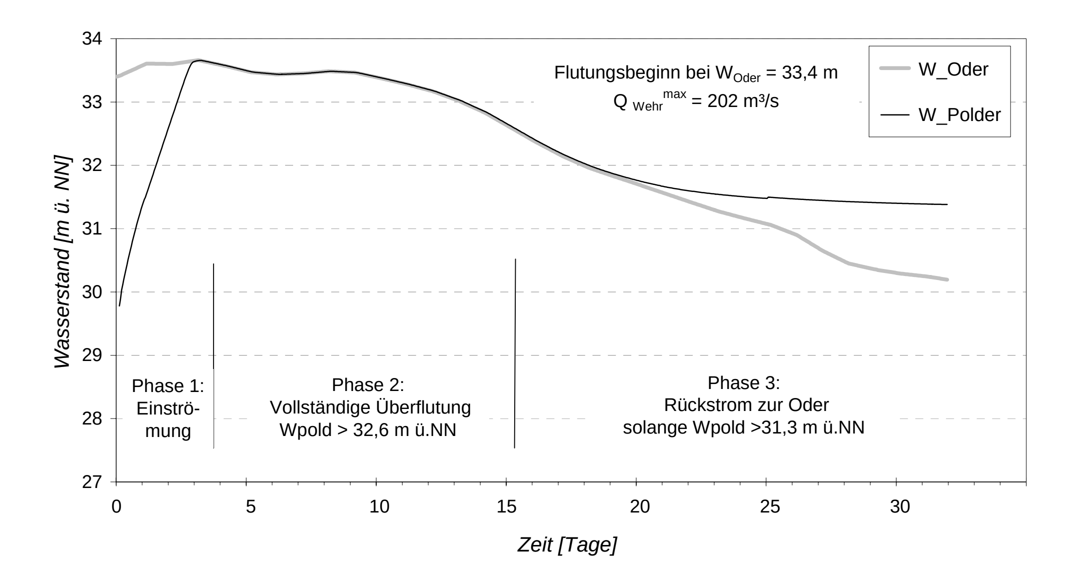


Abb. 3-37: Berechneter Wasserstand in der Neuzeller Niederung (rote Linie) für die HW-Ganglinie 1997 (blaue Linie) für eine gesteuerte Flutung vom Oder-km 549 (Deichvariante 1)

Nach Öffnung des Wehres strömt das Oderwasser mit ca. 200 m³/s in den Polder und füllt diesen innerhalb von 76 h (Phase 1). Am Ende dieser Phase sind die Wasserstände von Polder und Oder angeglichen, die Neuzeller Niederung ist bei dem erreichten Wasserstand von 33,65 müNN vollständig überflutet.

In der Phase 2 (4.-15. Tag) gleichen sich die Wasserstände von Polder und Oder über das geöffnete Wehr aus. Bis zu einem Wasserstand von 32,60 müNN (höchste Geländepunkte) bleibt die Niederung noch vollständig überflutet.

Mit dem Absinken des Wasserstandes der Oder unter 32,60 müNN beginnt das Wasser sich von den höher gelegenen Flächen im Süden der Neuzeller Niederung zurückzuziehen (Phase 3). Bei Annäherung des Polderwasserstandes an die Höhe der Wehrschwelle wird der Rückstrom zur Oder immer geringer und geht schließlich gegen Null, wenn die Schwellenhöhe von 31,3 müNN nahezu erreicht ist (etwa 32.Tag).

Im Polder verbleibt ein Restvolumen von ca. 15,5 Millionen m³ (Phase 4, ca. 33.- 76.Tag). Eine Ableitung in den Hauptgraben ist in dieser Phase nicht oder nur in geringem Umfang möglich (Abb. 3-38, vgl. Kapitel 3.3.3.4). Erst nach Erreichen eines Wasserstandes von 28,06 müNN (etwa MW) im Oder-Spree-Kanal kann die Entleerung des Polders über den Hauptgraben und den Freiablass bzw. die Pumpen des Schöpfwerkes erfolgen (Phase 5). Das Abpumpen der gesamten Wassermenge würde theoretisch ca. 40 Tage dauern.

Gesteuerte Flutung für die Deichvariante 1 und Q_{max} = 100 m³

Die Wasserstandsganglinie im Polder hat einen analogen Verlauf wie in Abb. 3-37 mit dem Unterschied, dass der Anstieg in der Einströmphase langsamer erfolgt und der Gleichstand mit dem Oderwasserstand erst nach 138 h eintritt. In der Rückströmphase geht der Wasserstand im Polder entsprechend langsamer zurück und liegt am 32. Tag noch 10 cm über dem Wert der 200 m³/s-Variante.

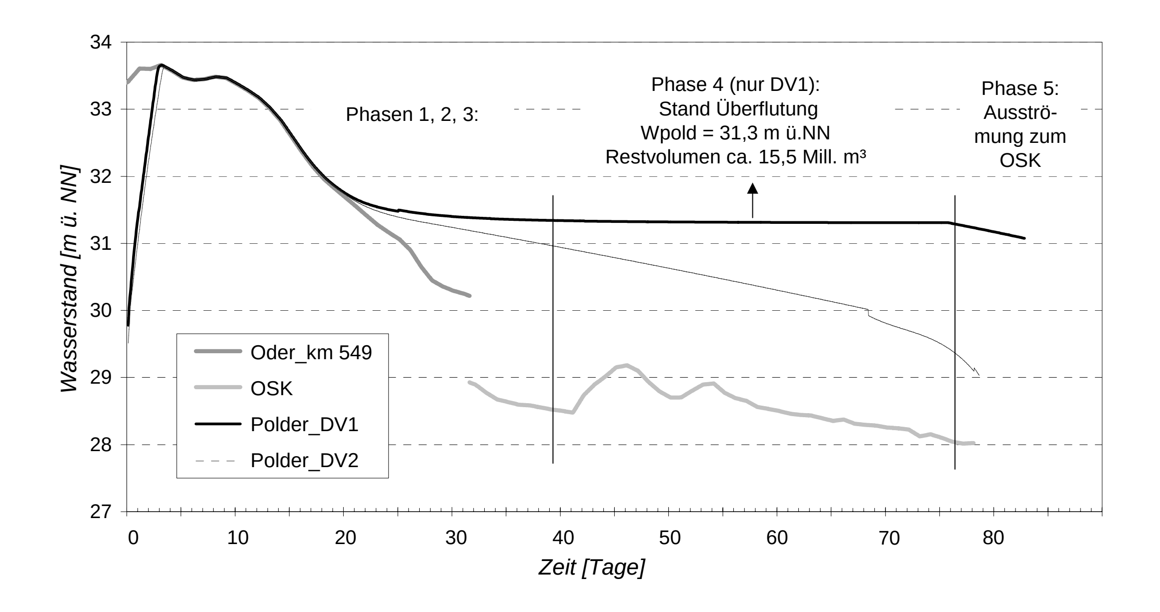


Abb. 3-38: Berechnete Wasserstände in der Neuzeller Niederung (rote Linie = Deichvariante 1, grüne Linie = Deichvariante 2) für die HW-Ganglinie 1997 (blaue Linien) für eine gesteuerte Flutung vom Oder-km 549

Gesteuerte Flutung für die Deichvariante 2 und Q_{max} = 200 m³

In Abb. 3-38 ist der zeitliche Verlauf des berechneten Wasserstandes für den Fall der Deichvariante 2 als grüne Kurve dargestellt.

Im Vergleich zur Deichvariante 1 ergibt sich durch die Vergrößerung des Retentionsvolumens eine geringfügig verlängerte Einströmphase (83 h).

Nach der Phase der vollständigen Überflutung ist im Gegensatz zur Deichvariante 1 eine kontinuierliche Entleerung des Polders zunächst über das Einlasswehr und später über das Schöpfwerk Eisenhüttenstadt möglich, so dass die Phase 3 sofort in die Phase 5 übergeht. Dieser Darstellung liegt die Annahme zugrunde, dass mit der Annäherung des Polderwasserstandes an die Höhe der Wehrschwelle (etwa 22. Tag) das Schöpfwerk Eisenhüttenstadt mit der vollen Pumpleistung von 4,5 m³/s eingesetzt werden kann. Für die vollständige Entleerung des Polders müssen dann noch weitere 57 Tage angesetzt werden.

Gesteuerte Flutung für die Deichvariante 2 und Q_{max} = 100 m³

Die Wasserstandsganglinie im Polder hat einen analogen Verlauf wie die grüne Kurve in Abbildung 2, jedoch mit dem Unterschied, dass der Anstieg in der Einströmphase langsamer erfolgt und der Gleichstand mit dem Oderwasserstand erst nach 163 h eintritt. In der Rückströmphase geht der Wasserstand im Polder entsprechend langsamer zurück und liegt ca. 11 cm über dem Wert der 200 m³/s-Variante.

3.3.3.2 Ungesteuerte Flutung für HSZ-O 1

Bei dem in Kapitel 3.3.2.4 schon skizzierten Szenario einer ungesteuerten Flutung strömt nach Erreichen der abgesenkten Deichschwelle das Oderwasser in den Polder ein, wodurch zunächst – analog der gesteuerten Flutung – eine Reduzierung des Hochwasserscheitels für die Unterlieger erreicht wird. Nach dem Fluten des Polders setzt die Durchströmung des Polders ein. Durch die Aufweitung des Fließquerschnitts der Oder ergibt sich nun eine Absenkung des Wasserspiegels für die Oberlieger.

Die Berechnung der Wasserstandsentwicklung in der Niederung wird gegenüber der gesteuerten Flutung komplizierter, da beide Bauwerke den Oderwasserstand wechselseitig beeinflussen können.

Ungesteuerte Flutung für die Deichvariante 1und HW20-Schwelle

Nach Überschreiten des HW 20-Niveaus strömt das Oderwasser sowohl am km 543,2 als auch am km 550,0 in den Polder und füllt diesen innerhalb von ca. 4 Tagen bis zur vollständigen Überflutung der Polderfläche (Abb. 3-39).

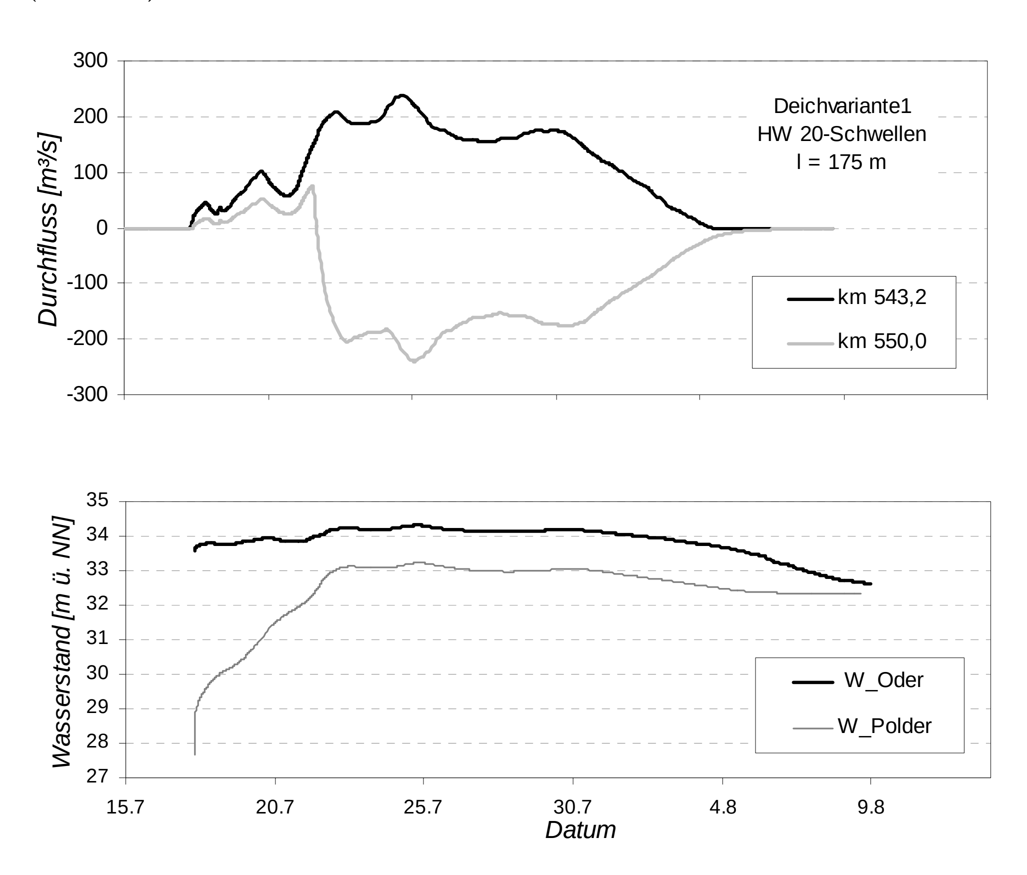


Abb. 3-39: Durchflusskurven an den abgesenkten Deichschwellen und Wasserstandsganglinien der Neuzeller Niederung und der Oder am km 545,6 für eine ungesteuerte Flutung (Simulation WAVOS)

Vom 5. - 17. Tag strömt am oberen Wehr weiterhin Wasser ein, das am unteren Wehr wieder ausströmt. Es bildet sich im (vollständig überfluteten) Polder ein Wasserspiegelgefälle aus. Mit Absinken des Oderwasserstandes unter HW 20 baut sich das Gefälle ab, bis der Wasserstand im Polder die Höhe der unteren Schwelle erreicht hat. Durch Öffnen des kleinen Entleerungsbauwerkes folgt der Wasserstand im Polder im Wesentlichen dem der Oder bis etwa die Höhe der Schwelle dieses Bauwerkes erreicht ist (18.- 70. Tag).

Zur Realisierung der Polderentleerung über dieses Entleerungsbauwerk bis auf MW-Niveau muss auf einer Länge von ca. 450 m ein bis zu 2,5 m tiefes Abflussgerinne hergestellt werden, da zwischen dem Tiefpunkt der Niederung (Hauptgraben) und der Oder höhere Geländeflächen zu durchqueren sind (vgl. Kapitel 3.3.1). Das im Polder dann noch verbleibende Restvolumen von ca. 1 Million m³ kann über ein Deichsiel, den Hauptgraben und das Schöpfwerk Eisenhüttenstadt abgeleitet werden. Das Abpumpen der gesamten Wassermenge dauert theoretisch ca. 3 Tage, ist aber abhängig vom Wasserstand im Oder-Spree-Kanal und dem im ausgepolderten Teil der Niederung anfallenden Qualmwasser (siehe Kapitel 3.3.3.4).

Ungesteuerte Flutung für die Deichvariante 2 und HW20-Schwelle

Der zeitliche Ablauf der Wasserstandsentwicklung im Polder entspricht bis zum 17. Tag annähernd dem für die Deichvariante 1 - mit dem Unterschied, dass der weitgehend von der unterstromigen Seite kontrollierte Wasserspiegel im Polder ca. 1 m unter dem der Deichvariante 1 liegt.

Bei der nachfolgenden Entleerung des Polders folgt der Wasserstand im Polder im Wesentlichen dem des Oder-Spree-Kanals, so dass zu vergleichbaren Zeitpunkten der Wasserstand im Polder auch ca. 1 m unter dem der Deichvariante 1 liegt. Bis auf eine sehr geringe Restmenge ist der Polder am 40. Tag geleert. Eine Modellierung der Wasserstandsentwicklung im Oder-Spree-Kanal für den bei dieser Variante maximalen Durchfluss von ca. 220 m³/s war mit den zur Verfügung stehenden Modellen nicht möglich.

Ungesteuerte Flutungen für HW50-Schwellen

Infolge der höheren Deichschwellen setzt der Einströmvorgang in den Polder später ein. Gleichzeitig sind durch die höheren Schwellen die Überfallhöhen geringer, so dass sich auch eine geringere Flussrate ergibt und somit der Füllvorgang des Polders länger andauert (ca. 2-3 Tage). Diese Tatsache kann jedoch erwünscht sein, wenn die Einströmphase bei der ungesteuerten Flutung zur Scheitelkappung für die Unterlieger genutzt werden soll.

Da andererseits auch die Flussrate des Ausströmens nach dem Durchgang des Hochwasserscheitels anfangs (vor dem Öffnen des Auslassbauwerkes) geringer ist, ergeben sich für die später zu berechnenden Flächenbetroffenheiten nur marginale Unterschiede zu den Flutungen mit einer HW 20-Schwelle.

3.3.3.3 „Ökologische Flutungen“

Die in Kapitel 3.3.1 durchgeführte Analyse der morphologischen Verhältnisse in der Neuzeller Niederung zeigte, dass eine „Ökologische Flutung“ mit einer natürlichen Durchströmung der Niederung ohne die Ausbildung größerer Überflutungsflächen vorwiegend nur durch die Anlage neuer, tieferer Gräben möglich ist. Als wesentliches Problem muss aber die Entleerung der Niederung nach dem Rückgang des Hochwassers angesehen werden (siehe Kapitel 3.3.3.4).

Für „Ökologische Flutungen“ erscheinen zwei Varianten möglich:

(1) ungesteuerte „Ökologische Flutung“

- Einstrom des Hochwassers über das Einlassbauwerk <u>und</u> über das geöffnete Auslassbauwerk
- Ständiger Austausch des Wasserkörpers mit der Oder insbesondere über das geöffnete Auslassbauwerk, bei anhaltendem Hochwasser tritt Durchströmung auf
- Bei Absinken des Wasserstandes der Oder (Teil-)Entleerung über das Auslaufbauwerk und - bei der Deichvariante 1 - Restentleerung über Deichsiel / Hauptgraben / Schöpfwerk

(2) gesteuerte „Ökologische Flutung“

- gesteuerter Einstrom des Hochwassers über ein Einlassbauwerk bis zu einem Grenzwert für die Überflutungsfläche, Einlassbauwerk bei Erreichen des Grenzwertes schließen
- Aufenthalt des Wassers im Polder (stehendes Gewässer)
- Bei geeigneten Wasserständen der Oder Öffnung des Auslaufbauwerkes zur Entleerung und (bei der Deichvariante 1) gegebenenfalls zusätzliche Restentleerung über Deichsiel / Hauptgraben / Schöpfwerk

Bei der Flutung nach (1) wird bei einem ausreichend langen Scheitel der untere Teil der Niederung nahezu vollständig überflutet (vgl. Abb. 3-30), während der obere Teil der Niederung nur partiell in der Nähe der Gräben betroffen wäre. Für die zu untersuchenden Szenarios HSZ-O 2, HSZ-O 3 und HSZ-O 4 wird nur die Variante (1) betrachtet und zur besseren Vergleichbarkeit angenommen, dass das Auslassbauwerk erst beim Eintreffen des Ereignisses geöffnet wird bzw. dass die Niederung zum Beginn der Simulation noch nicht durch zuvor aufgetretene hohe Wasserstände geflutet ist.

Für eine Flutung nach (2) ist die Betrachtung verschiedener Hochwasserszenarios nur bedingt sinnvoll, beispielsweise wenn die Zeit bis zum Erreichen eines Grenzwertes für die überflutete Fläche ermittelt werden soll, da die Szenarios selbst nach Erreichen dieses Grenzwertes abgebrochen werden.

Ungesteuerte „Ökologische Flutung" für die Szenarios HSZ-O 2, HSZ-O 3 und HSZ-O 4

Für die zu untersuchenden Szenarios wurden drei konkrete Hochwasserereignisse aus den Wintermonaten der Abflussjahre 1981 bis 2002 ausgewählt, die den Vorgaben HQ 1, HQ 2 und HQ 5 nahe kommen. Insbesondere für Aussagen zu Entleerungsbedingungen und –zeiten ist es wichtig, die konkrete Wasserstandsentwicklung in der Oder auch nach dem eigentlichen Ereignis zu kennen, so dass synthetische Ganglinien für die drei Ereignisse nicht infrage kamen.

Am Beginn der Flutungssimulation strömt durch das geöffnete Auslassbauwerk aufgrund der auf MW-Niveau liegenden Schwelle der Hauptteil der relevanten Wassermenge in die Niederung ein, während die Wehrschwelle des Einlassbauwerkes anfangs nur gering überströmt wird. Nachdem der Wasserstand in der Niederung den der Oder am Auslassbauwerk erreicht hat, setzt eine Durchströmung ein – sofern nicht steigender Wasserstand der Oder dem entgegensteht. Abb. 3-40 zeigt im oberen Bild die Ganglinien der drei betrachteten Hochwasserereignisse am Einlassbauwerk.

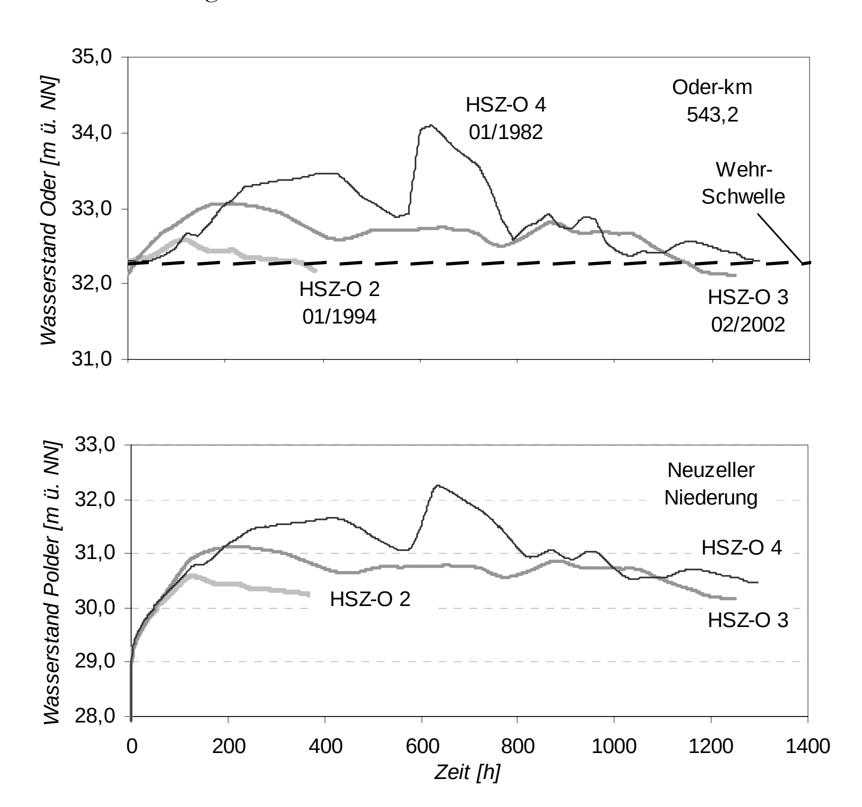


Abb. 3-40: Wasserstandsganglinien in der Oder und im Polder für die Szenarios HSZ-O 2 bis HSZ-O 4 (Deichvariante 1)

Die simulierten Wasserstandsganglinien im Polder (unteres Bild) folgen nach einer Füllzeit von ca. 5 Tagen im Wesentlichen der Ganglinie der Oder in Höhe des Auslassbauwerkes am Oder-km 550,0. Der Beginn der Durchströmung korreliert nicht mit der Scheitelhöhe des Ereignisses, sondern wird maßgeblich durch den Gradienten der Wasserstandsentwicklung in der Oder beeinflusst. Für das relativ kurze Ereignis HSZ-O 2 setzt die Durchströmung etwa zum Zeitpunkt des Scheiteldurchgangs ein und besitzt anschließend überwiegend Entleerungscharakter.

In Tab. 3-16 sind die für die drei Szenarios und für beide Deichvarianten ermittelten maximal erreichten Werte der Überflutung in der Niederung angegeben. Während bei der Deichvariante 2 je nach Flutungsszenario zwischen 36 % und 83 % der eingedeichten Niederungsfläche überflutet sind, werden bei der Deichvariante 1 aufgrund der höheren Wasserstände am Auslassbauwerk zwischen 62 % und 96 % der bei dieser Variante eingedeichten Fläche überflutet.

Die Entwicklung der Wasserstände in der Niederung nach dem Durchgang des betrachteten Ereignisses wird im Kapitel 3.3.3.4 detaillierter beschrieben.

Tab. 3-16: Ergebnisse der Flutungssimulation für die Szenarios HSZ-O 2 bis HSZ-O 4

		HSZ-O 2	**HSZ-O 3**	**HSZ-O 4**
DV 1	Beginn Durchströmung	6. Tag	7. Tag	11. Tag
	Volumen [m³]	7.834.000	13.282.000	28.783.000
	Wasserstand [müNN]	30,59	31,13	32,25
	Wasseroberfläche [ha]	926	1.145	1.432
DV 2	Beginn Durchströmung	6. Tag	7. Tag	11. Tag
	Volumen [m³]	2.625.000	6631.000	20.641.000
	Wasserstand [müNN]	29,64	30,21	31,33
	Wasseroberfläche [ha]	599	927	1396

Einstrom des Hochwassers über ein Bauwerk

Zum Vergleich zu der oben beschriebenen ungesteuerten Flutung über beide Bauwerke soll auch der Wasserstand in der Niederung für den Fall nur eines geöffneten Bauwerkes berechnet werden.

Sollte nur das Auslassbauwerk geöffnet sein, können im Wesentlichen die in Tab. 3-16 angegebenen maximalen Wasserstände herangezogen werden. Erfolgt der Einstrom jedoch über das ständig geöffnete Einlassbauwerk am Oder-km 543,2 mit der Wehrschwelle von 32,26 müNN, so ergeben sich die in Tab. 3-17 angegebenen maximalen Wasserstände.

Tab. 3-17: Berechnete Wasserstände in der Neuzeller Niederung für eine Flutung vom km 543,2 (Auslassbauwerk geschlossen)

		HSZ-O 2	**HSZ-O 3**	**HSZ-O 4**
DV 1	Volumen [m³]	1.141.000	19.180.000	38.348.000
	Wasserstand [müNN]	29,60	31,56	32,92
	Wasseroberfläche [ha]	389	1.282	1.488
DV 2	Volumen [m³]	1.142.000	19.189.000	42.383.000
	Wasserstand [müNN]	29,29	31,22	32,77
	Wasseroberfläche [ha]	368	1.360	1.673

Bei dem Szenario HSZ-O 2 liegt der im Polder erreichte Wasserstand noch deutlich unter dem Oderwasserstand am Auslassbauwerk, so dass eine Öffnung des Auslassbauwerkes zu einem weiteren Anstieg in der Niederung führen würde. Im Gegensatz dazu übersteigt bei den Hochwasserszenarios HSZ-O 3 und HSZ-O 4 der Wasserstand in der Niederung zwischen dem 11. und 19. Tag den der Oder und führte für das HSZ-O 4 zur vollständigen Überflutung der Niederung (im Falle der Deichvariante 2 auch zum Überschreiten der Bemessungsgrenze für den Deich am Oder-Spree-Kanal). Die Alternative einer rechtzeitigen Öffnung des Auslassbauwerkes führt wieder zu der oben beschrieben Durchströmung und zu den in Tab. 3-16 angegebenen Wasserständen.

3.3.3.4 Entleerung der Niederung

Die Auswertung des digitalen Geländemodells zeigt, dass sich die tiefsten Teilflächen der Neuzeller Niederung (ca. 28,20 müNN) im Gebiet unmittelbar westlich der letzten 500 m des Hauptgrabens vor seiner Mündung in den Oder-Spree-Kanal befinden und dass auf Grund des Gefälles in der Niederung und der Geländeaufhöhungen zwischen Oder und Niederung eine natürliche und vollständige Entleerung der Niederung nur zum Oder-Spree-Kanal stattfinden kann.

Deichvarianten 1, 3 und 4

Von den in Kapitel 3.3.2.2 aufgeführten Varianten der Deichführung haben die Varianten 1, 3 und 4 keinen direkten Anschluss an den Oder-Spree-Kanal, die Restentleerung des Polders soll hier über ein Siel im Querdeich, den Hauptgraben und das Schöpfwerk zum Oder-Spree-Kanal vorgenommen werden. Abb. 3-41 zeigt diese Situation schematisch für die oben beschriebenen Flutungsoptionen „gesteuert“ und „ungesteuert“ des Hochwasserszenarios HSZ-O 1.

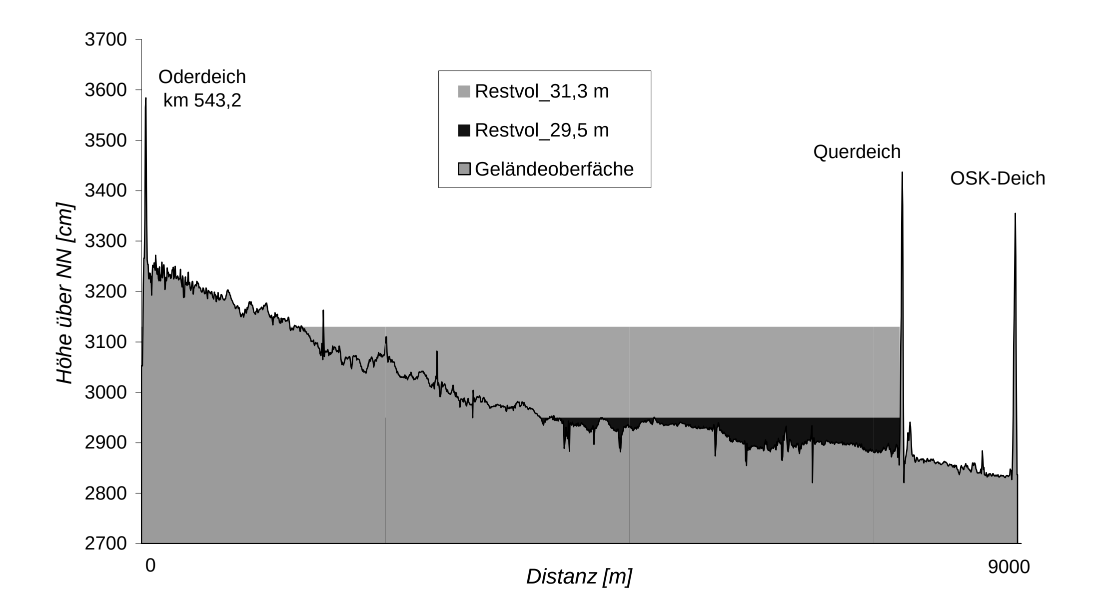


Abb. 3-41: Wasserspiegel des Restvolumens in der Neuzeller Niederung für ein Geländelängsprofil vom Oder-km 543,2 zum Oder-Spree-Kanal (Deichvariante 1)

Im Falle der gesteuerten Flutung mit nachfolgender Teilentleerung über das Flutungsbauwerk (Wehrschwelle 31,3 müNN) verbleibt im Polder ein Restvolumen von ca. 15,5 Millionen m³. Eine Ableitung dieses Wassers über den Hauptgraben und den Freiauslauf ist nur möglich, wenn der Wasserspiegel im Oder-Spree-Kanal unter 28,20 müNN liegt, da sonst Wasser in die Niederung vom Oder-Spree-Kanal einfließen würde. Die Nutzung des Schöpfwerkes zur Abnahme des im Polder stehenden Wassers bei höheren Wasserständen im Oder-Spree-Kanal erscheint nicht möglich, da das Schöpfwerk zur Abführung der angestauten natürlichen Zuflüsse und des anfallenden Qualmwassers im ausgepolderten Bereich (Kleingartenkolonien) ausgelastet sein wird. Für das Restvolumen von ca. 1 Millionen m³ im Falle der ungesteuerten Flutung mit einer sich anschließenden Teilentleerung über ein Entleerungsbauwerk am Oder-km 550 gelten diese Aussagen analog. Es würde aber für die Restentleerung ein kürzerer Zeitraum mit den dafür notwendigen Wasserständen der Oder ausreichen.

Die Analyse von Hochwasserereignissen zeigte, dass das für die natürliche Entleerung notwendige Oderniveau unterhalb MW häufig erst 1 - 3 Monate nach dem Ereignis erreicht wird bzw. dass durch weitere Ereignisse die Überflutung auch weit über 3 Monate anhalten kann. Eine Angabe der Überstauzeit für das im Polder stehende Restvolumen ist demnach nur für eine konkrete Hochwasserganglinie oder für zukünftige Ereignisse durch statistisch berechnete Wahrscheinlichkeiten möglich.

Der zurzeit noch vorhandene Freiauslauf des Hauptgrabens in den Oder-Spree-Kanal am Schöpfwerk Eisenhüttenstadt hat an der Einlaufseite eine Sohlhöhe von 26,5 müNN und eine Breite von 2,9 m. Er ist bei höheren Wasserständen der Oder durch Stemmtore geschlossen, erst nach Erreichen eines Wasserstandes von 28,06 müNN im Oder-Spree-Kanal kann die Entleerung des Polders über den Hauptgraben und den Freiauslauf erfolgen. Das heißt, erst wenn der Wasserspiegel der Oder 20 cm unter das MW-Niveau (28,26 müNN für den Oder-km 553,4) fällt, ist eine vollständige und natürliche Entleerung der Neuzeller Niederung möglich.

Die Durchflusskapazität des vorhandenen Freiauslaufes wird unter Verwendung der Gl. 3-1 und Gl. 3-2 und unter der Annahme eines Wasserspiegels von 28,20 müNN für den Hauptgraben und von 28,06

müNN für den Oder-Spree-Kanal auf ca. 8 m^3/s abgeschätzt. Für den Hauptgraben selbst ist ein Durchfluss von 8 m^3/s unproblematisch, wie eine Abschätzung mit Hilfe der Manning-Strickler-Formel zeigte. Die Kapazität des im Rahmen der geplanten Rekonstruktion des Schöpfwerkes vorgesehenen Freiauslaufes in Form eines unter der Wasseroberfläche liegenden Stahlrohres (DN 1200) liegt mit ca. 1 m^3/s deutlich unterhalb der des derzeit vorhandenen Auslaufes.

Für die Berechnung der Wasserstandsentwicklung im Polder in der Entleerungsphase wird jedoch zur Vereinfachung ein mittlerer Wert von 4,5 m^3/s angesetzt. Dieser Wert entspricht der maximalen Pumpleistung und lässt Spielraum für das hier nicht erfasste Qualmwasser aus dem nördlichen Teil der Niederung.

Deichvariante 2

Hinsichtlich der Entleerung der Niederung hat diese Deichvariante den entscheidenden Vorteil, dass die tiefste Stelle der Niederung direkt an den Oder-Spree-Kanal angebunden ist und damit die oben beschriebene - in ungünstigen Fällen bis zu mehreren Monaten andauernde - Wartezeit für die Überleitung des Restvolumens entfällt.

Unter der Voraussetzung, dass das Entleerungsbauwerk (Freiauslauf) ausreichend dimensioniert ist (s. o.), folgt der Wasserstand im Polder mit geringer Verzögerung der Wasserstandsentwicklung in der Oder. Im Falle eines Wiederanstieges des Oder-Wasserstandes könnte zudem das Auslaufbauwerk vorübergehend geschlossen werden. Im Vergleich zu einem Entleerungsbauwerk am Oder-km 550,0 mit einer Schwelle auf Mittelwasserniveau ergeben sich mehrere Vorteile:

- Der ca. 500 m lange Verbindungsgraben zwischen Niederung und Oder mit einer Durchquerung des höher liegenden Waldstreifens entfällt
- Aufgrund des Gefälles der Oder liegt während des Entleerungsvorganges zu gleichen Zeitpunkten der Wasserspiegel in der Niederung um ca. 1 m tiefer. Eventuelle Restvolumina sind entsprechend geringer.
- Bei Erreichen des Mittelwasserstandes ist die Niederung nahezu vollständig geleert.
- Ein auf Grund einer ungünstigen Wasserstandsentwicklung in der Oder verbleibendes Restvolumen kann jederzeit abgepumpt werden.

Beispiel: Entleerung für das Szenario HSZ-O 2, Deichvariante 1

Das Problem der Entleerung der Neuzeller Niederung nach einer „Ökologischen Flutung“ soll beispielhaft an dem Szenario HSZ-O 2 (vgl. Kapitel 3.3.3.3) betrachtet werden. Es wird angenommen, dass die Wehre für die „Ökologische Flutung“ außerhalb der Vegetationsperiode vom 15. November bis zum 15. April geöffnet sind. Abb. 3-42 zeigt eine über 6 Monate reichende Ganglinie für das in der ersten Januarhälfte 1994 aufgetretene Ereignis.

Das betrachtete Szenario eines (knapp) einjährigen Hochwassers überschreitet für 16 Tage die 0,63 m unter dem HW 1- Niveau liegende Wehrschwelle am Einlassbauwerk. Die in dieser Zeit über das Einlasswehr einströmende Wassermenge kann Tab. 3-16 entnommen werden. Über das geöffnete Auslassbauwerk am km 550,0 strömt in den ersten 5 Tagen ebenfalls Wasser in die Niederung, danach folgt der Wasserstand im Polder mit geringen Verzögerungen dem Wasserstand der Oder am Auslaufbauwerk und sinkt - nach einem zwischenzeitlichen Anstieg – bis zum 20. Februar auf das MW-Niveau der Schwelle des Auslassbauwerkes. Eine Überleitung des Restvolumens über den Hauptgraben zum Oder-Spree-Kanal kann noch nicht erfolgen, da der Grenzwert für die Öffnung des Freiauslasses noch nicht unterschritten wird. Anfang März steigt der Oderpegel stark an und ein mehrwöchiges Frühjahrshochwasser mit zwei Scheiteln in der Nähe eines HW 2 überflutet die gesamte Niederung, so dass die Bauwerke nicht termingemäß geschlossen werden können. Erst in der zweiten Maihälfte ist der Wasserstand im Polder wieder auf das Niveau der Schwelle des Auslassbauwerkes gesunken und ab 10. Juni kann der Freiauslass am Schöpfwerk Eisenhüttenstadt zur Ableitung des Restvolumens genutzt werden.

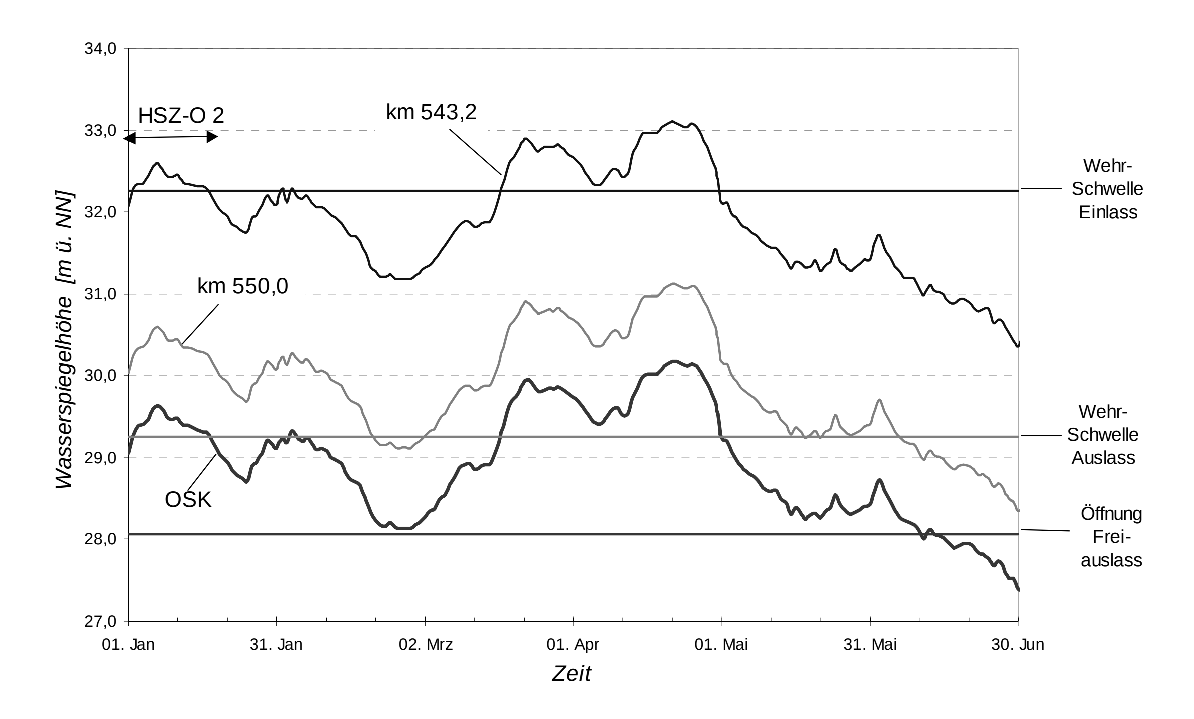


Abb. 3-42: Wasserstandsganglinien der Oder für die Ein- und Auslassbauwerke, Hochwasserszenario HSZ-O 1, Deichvariante 1

Das Szenario HSZ-O 2 kann nicht als Ausnahmeerscheinung angesehen werden. Beim Szenario HSZ-O 3, dessen Scheitel in der ersten Februarhälfte auftritt, steht das Oderwasser am 15. April noch ca. 0,25 m über der Schwelle des Auslasswehres und erst ab dem 21. Mai kann die Restentleerung über den Hauptgraben erfolgen. Bei dem Szenario HSZ-O 4 steht das Oderwasser am 15. April noch ca. 1 m über der Schwelle des Auslasswehres und erst ab dem 9. August kann die Restentleerung über den Hauptgraben erfolgen.

3.3.4 Erhebung der Flächenbetroffenheit

Aus den in Kapitel 3.3.3 beschriebenen Ganglinien der Wasserstandsentwicklung im Polder werden auf der Grundlage des Digitalen Geländemodells die von Überflutung betroffenen Flächen und die zeitliche Andauer des Überstaus ermittelt.

Prinzipiell ist es möglich, die auszuweisenden Flächen primär nach Zeitintervallen oder nach Höhenstufen zu staffeln. Für die Neuzeller Niederung wurde so vorgegangen, dass anhand der konkreten Entwicklung der Überflutung entweder Flächen vergleichbarer Größe oder Flächen, bei denen über einen längeren Zeitraum keine Veränderungen des Wasserstandes auftreten, ausgewählt wurden. Bei Untersuchungsvarianten, welche in der zeitlichen Betroffenheit nur geringe Unterschiede erwarten ließen, wurden Flächenumrisse konstant belassen und nur die veränderten Zeiten ausgewiesen. Durch dieses Vorgehen sollten die bei den nachfolgen Schadenanalysen zu betrachtenden Flächen und Varianten auf ein sinnvolles Maß beschränkt werden.

3.3.4.1 Szenario Hochwasserganglinie 1997 (HSZ-O 1)

Die Überstauzeiten für alle Flutungsoptionen des Hochwasserszenarios HSZ-O 1 sind in Tab. 3-18 zusammengefasst. Hinsichtlich der zu den jeweiligen Deichvarianten und Höhenbereichen zugehörigen Flächen wird auf die Karten 3.31 bis 3.34 verwiesen.

Tab. 3-18: Überstauzeiten für die Flutungsoptionen FOP-O 1 und FOP-O 2

Flutungsoption	**Höhenbereich [müNN]**	**Überflutungsdauer [d]**							
		Deichvariante 1				**Deichvariante 2**			
		200 m^3/s		**100 m^3/s**		**200 m^3/s**		**100 m^3/s**	
		von	**bis**	**von**	**bis**	**von**	**bis**	**von**	**bis**
FOP-O 2 (gesteuerte Flutung von Oder-km 549)	< 31,30		> 75		> 74				
	31,30-31,51	23	75	28	74				
	> 31,51	13	23	12	28				
	< 29,68						> 72		> 76
	29,68-30,33					59	72	62	76
	30,33-31,30					27	59	29	62
	> 31,30					13	27	11	29
FOP-O 1 (ungesteuerte Flutung / Durchströmung)		**HW 20**		**HW 50**		**HW 20**		**HW 50**	
		von	**bis**	**von**	**bis**	**von**	**bis**	**von**	**bis**
	< 29,34		> 71		> 68				
	29,34-29,68	38	71	36	68				
	29,68-31,30	23	38	21	36				
	> 31,30	17	23	15	21				
	< 29,34						> 30		> 28
	29,34-31,30					19	30	17	28
	31,30-32,20					11	19	8	17
	> 32,20					1	11	0	8

3.3.4.2 Szenario „Ökologische Flutung“ bei kleinen Hochwassern (HSZ-O 2 - HSZ-O 4)

Tab. 3-19 gibt die Überstauzeiten für die Hochwasserszenarios HSZ-O 2, HSZ-O 3 und HSZ-O 4 wieder. Die zu den jeweiligen Deichvarianten und Höhenbereichen gehörenden Flächen können den Karten 3.35 bis 3.40 entnommen werden.

Tab. 3-19: Überstauzeiten für die Hochwasserszenarios HSZ-O 2 bis HSZ-O 4

Deichvariante	**Höhenbereich [müNN]**	**Überflutungsdauer [d]**		
		HSZ-O 2	**HSZ-O 3**	**HSZ-O 4**
DV 1	< 29,34	> 120	> 120	> 210
	29,34-30,00	16 - 47	54 - 103	59 - 158
	30,00-30,59	0 - 16	28 - 54	47 - 59
	30,59-30,93	-	9 - 28	33 - 47
	30,93-31,51	-	0 - 9	14 - 33
	31,51-32,20	-	-	0 - 14
DV 2	< 29,00	18 - 50	> 65	> 63

	29,00-29,55	3 - 18	45 - 65	50 - 63
	29,55-30,00	0 - 3	9 - 45	34 - 50
	30,00-30,59	-	0 - 9	15 - 34
	30,59-30,93	-	-	5 - 15
	30,93-31,51	-	-	0 - 5

3.3.5 Simulation der Wasserstandsentwicklung in der Oder im Flutungsfall

Als Ergänzung zu den Berechnungen für die Wasserstandsentwicklung in der Niederung (Kapitel 3.3.3) erschien es sinnvoll, auch die Auswirkungen der verschiedenen Flutungsszenarios auf die Abfluss- und Wasserstandsentwicklung in der Oder zu berücksichtigen. Dazu wurde das seit Juli 2002 im Landesumweltamt eingesetzte hydrodynamische Wasserstandsvorhersagemodell Grenzoder (WAVOS) herangezogen und für die Durchführung von Simulationsrechnungen um die Neuzeller Niederung als Flutungspolder erweitert (siehe Kapitel 3.3.1).

In der vorliegenden Arbeit wurden solche Simulationen sowohl für das Hochwasserszenario HSZ-O 1 mit den Flutungsoptionen FOP-O 1 und FOP-O 2, als auch – zur Auslotung des Retentionspotentials der Niederung bei optimalen Bedingungen – für ein modifiziertes Hochwasserszenario mit einem kürzerem Scheitel (HSZ-O 1mod) durchgeführt.

Darüber hinaus bot das Modell auch die Möglichkeit, die insbesondere bei der ungesteuerten Flutung über zwei Bauwerke notwendigen Korrekturen des Oderwasserstandes für die Berechnung der Ein- und Ausströmraten an den Bauwerken zu berücksichtigen (vgl. Abb. 3-39).

3.3.5.1 Hochwasser-Ganglinie 1997 (Szenario HSZ-O 1)

Gesteuerte Flutung (FOP-O 2)

Für die gesteuerte Flutung werden entsprechend die im Kapitel 3.3.2.4 genannten Parameter für das Einlassbauwerk gewählt (Oder-km 549,0, Wehrschwelle 31,3 müNN, Breite 20 bis 40 m). Der für die optimale Nutzung des zur Verfügung stehenden Retentionsraumes zur Kappung des Hochwasserscheitels wichtige Flutungsbeginn (Wehröffnung) wurde auf den 21.07.97 17:00 Uhr gesetzt. Dieser Zeitpunkt entspricht dem Erreichen des HW 100-Wertes für die Messwerte am Pegel Ratzdorf.

In Abb. 3-43 sind neben der durch das Vorhersagemodell simulierten Wasserstandsganglinie ohne Polderflutung zwei mit unterschiedlichen Flutungsparametern (Variation der Wehrbreiten) simulierte Ganglinien für den Pegel Frankfurt dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Polderflutung mit dem größeren Einstrom anfangs auch eine stärkere Kappung des Hochwasserscheitels bewirkt, die aber nicht für die gesamte Scheitellänge wirksam bleibt. Mit dem geringerem Einstrom von Q_{max} = 140 m³/s wird dagegen der gesamte Scheitel gekappt. Die erreichten Absenkungen des Hochwasserscheitels sind in Tab. 3-18 angegeben. Dabei verkörpern die in Klammern gesetzten Werte die Absenkungen, welche sich vor dem Volllaufen des Polders einstellen würden.

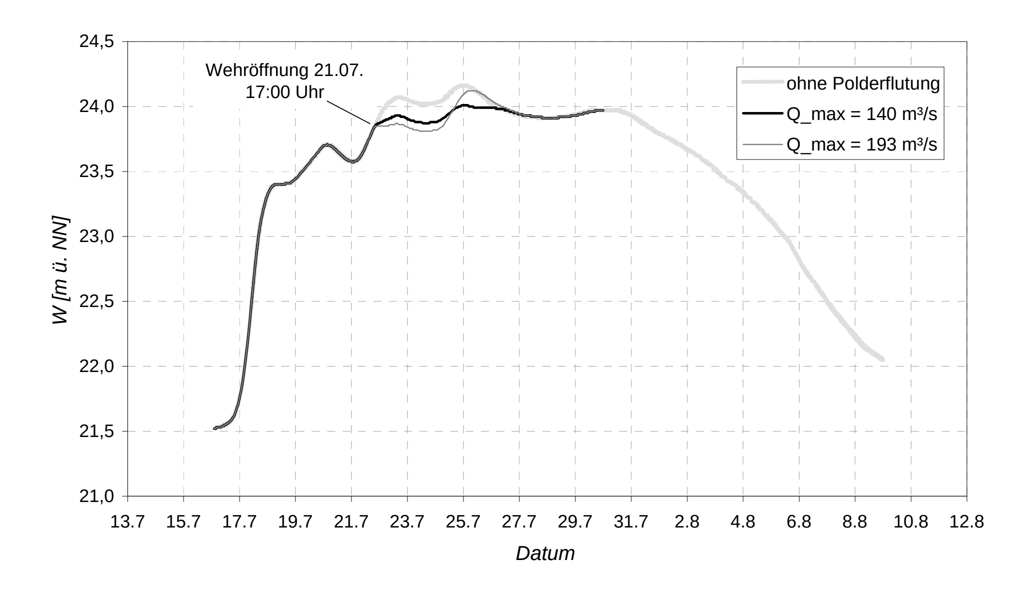


Abb. 3-43: Wasserstandsganglinien am Pegel Frankfurt aus Simulationsrechnungen für das Hochwasser 1997 mit zwei Varianten einer gesteuerten Flutung der Neuzeller Niederung

Ungesteuerte Flutung (FOP-O 1)

Die ungesteuerte Flutung wird wie im Kapitel 3.3.2.4 für zwei an den Oder-Kilometern 543,2 und 550,0 auf HW 20 (bzw. HW 50)-Niveau abgesenkte Deichschwellen betrachtet. In Abhängigkeit von der Höhe und Breite der Deichschwellen stellt sich in den ersten Tagen ein unterschiedlich starker Einstrom in den Polder ein (vgl. Abb. 3-39), der zu einer vorübergehenden Scheitelabsenkung für die Unterlieger führt. Die nach der Füllung der Niederung einsetzende Durchströmung bewirkt danach die in Abb. 3-44 dargestellte starke Absenkung des Wasserstandes am oberhalb liegenden Pegel Ratzdorf für die gesamte Zeitdauer der Durchströmung.

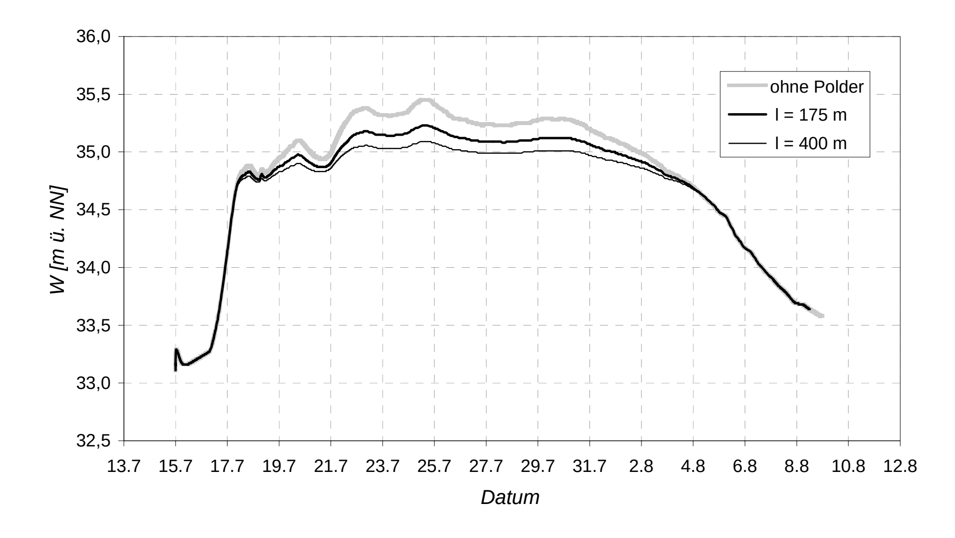


Abb. 3-44: Wasserstandsganglinien am Pegel Ratzdorf aus Simulationsrechnungen für das Hochwasser 1997 für eine ungesteuerte Flutung der Neuzeller Niederung (Durchströmung über HW 20-Deichschwellen der Länge l)

Tab. 3-20 gibt auch die Ergebnisse für die Wasserstandsabsenkungen bei einer ungesteuerten Flutung wieder. Bemerkenswert erscheinen die unter den genannten Randbedingen berechneten maximalen Scheitelabsenkungen für Ratzdorf von 36 bzw. 38 cm (Deichvariante 1 bzw. 2).

Die Absenkungen des Wasserstandes an den unterhalb der Niederung liegenden Pegeln Eisenhüttenstadt und Frankfurt entsprechen während der Einströmphase (Werte in Klammern) bei vergleichbaren Zuflüssen in den Polder etwa denen der gesteuerten Flutung, während in der Durchströmungsphase die Absenkungen an diesen Pegeln auf nur 1 bis 2 cm zurückgehen.

Tab. 3-20 Simulationsergebnisse für die Absenkung des Hochwasserscheitels an den Pegeln Ratzdorf, Eisenhüttenstadt und Frankfurt bei Flutung der Neuzeller Niederung (HSZ-O 1), * Zustrom wird während des Einströmens mit dem Wehr gesteuert

Flutungsoption	Deichva-riante	Q_max [m³/s]	Wehröffnung	Scheitelabsenkung [cm]		
				Ratzdorf	EH	FFO
FOP-O 1 (ungesteuerte Flutung)	1	222		**22**	**2** (21)	**1** (20)
		233		**36**	**2** (24)	**1** (25)
	2	144		**24**	**2** (16)	**2** (16)
		221		**38**	**2** (24)	**2** (25)
FOP-O 2 (gesteuerte Flutung)	1	139	21.7.97 8:00	**4**	**12** (14)	**12** (15)
		140	21.7.97 17:00	**4**	**14**	**15**
		193	21.7.97 17:00	**1** (4)	**3** (20)	**4** (20)
		247	21.7.97 8:00	**1** (5)	**1** (25)	**1** (28)
	2	247	21.7.97 8:00	**1** (5)	**2** (25)	**2** (27)
LISFLOOD-Modellierung DE ROO (2003) (gesteuerte Flutung, DV 1)		*100**	*Q_{start}=2413 m³/s*	-	-	***10***
		142	*Q_{start}=2413 m³/s*	-	-	***14***
		*200**	*Q_{start}=2376 m³/s*	-	-	***20***

Vergleich mit LISFLOOD-Simulation

Zum Vergleich gibt Tab. 3-20 neben den mit dem Wasserstandsvorhersagemodell WAVOS erzielten Simulationsergebnissen auch die der LISFLOOD-Modellierung (DE ROO 2003) für eine gesteuerte Flutung der Neuzeller Niederung wieder.

In Abb. 3-45 sind die sich aus beiden Modellrechnungen für den Pegel Frankfurt ergebenden Scheitelabsenkungen bzw. potenziellen Scheitelabsenkungen als Funktion von Q_{max} aufgetragen. Als potenzielle Scheitelabsenkung wird hier die sich einstellende Wasserstandsabsenkung vor dem Erreichen des Retentionsvolumens des Polders bzw. vor dem Einsetzen der Durchströmungsphase verstanden (Werte in Klammern). Die Darstellung zeigt zum einen eine gute Übereinstimmung der mit beiden Modellen berechneten Absenkungen und zum anderen auch eine von Flutungsoption und Deichvariante unabhängige Korrelation zwischen der (potentiellen) Scheitelabsenkung und dem Zustrom in den Polder.

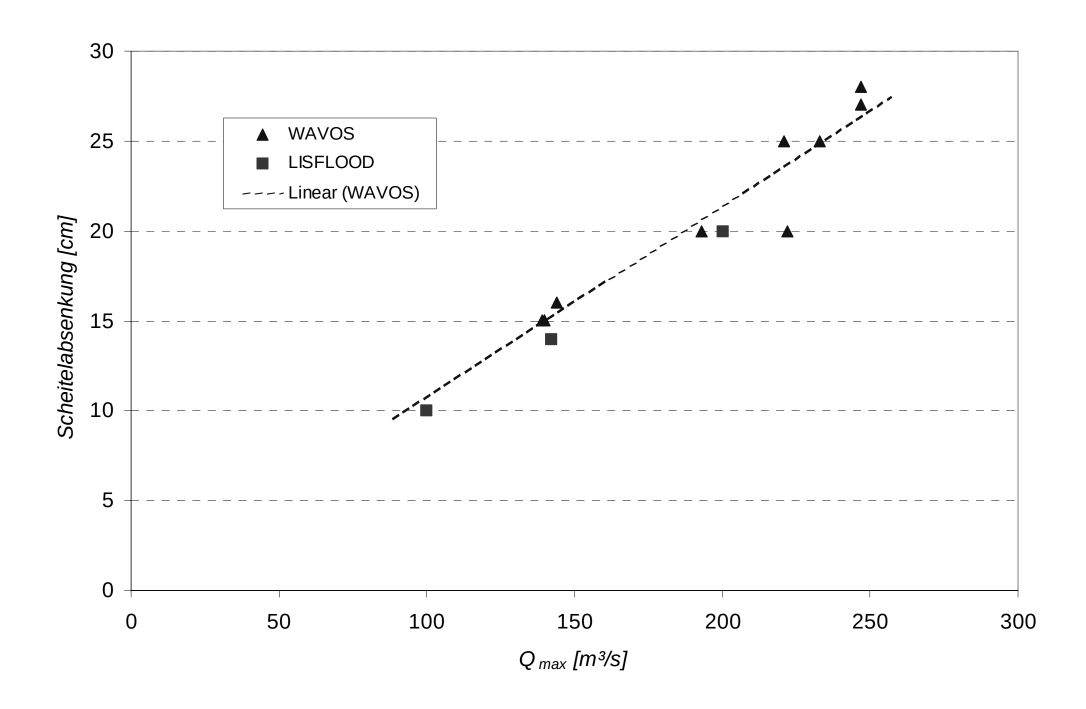


Abb. 3-45: Absenkung des Wasserstandes am Pegel Frankfurt in Abhängigkeit vom maximalen Zustrom in die Neuzeller Niederung

3.3.5.2 Modifizierte Hochwasser-Ganglinie 1997 (HSZ-O 1mod)

Eine Analyse der Abflussdaten der Oder am Pegel Eisenhüttenstadt/Fürstenberg ab dem Jahr 1920 ergab sieben Hochwasserereignisse > HQ10, wobei das Hochwasser vom Oktober/November 1930 hinsichtlich des maximalen Scheitelwertes (ca. 2500 m³/s) mit dem Hochwasser von 1997 vergleichbar ist. Aus Tab. 3-21 ist aber ersichtlich, dass alle 6 Hochwasserereignisse vor 1997 einen für Oderhochwasser typischen, deutlich kürzeren Scheitel als das Ereignis von 1997 aufweisen.

Tab. 3-21: Hochwasserereignisse > HQ 10 der Oder am Pegel Eisenhüttenstadt seit 1920, * Tagesmittelwert (Quelle: WSA Eberswalde), ** Überschreitungstage für 90 % von Q_max

Jahr	Scheiteldurchgang am Pegel EH	Q_max [m³/s]*	Scheitellänge [d]**
1926	25.06.1926	1925	2,7
1930	06.11.1930	2500	3,7
1938	10.09.1938	1364	3,2
1940	22.03.1940	1810	2,9
1947	23.03.1947	1370	3,1
1977	01.09.1977	1754	3,1
1997	24.07.1997	2490	9,4

Zur Beurteilung der Retentionswirkung der Neuzeller Niederung ist es deshalb nahe liegend, zusätzlich zu dem durch einen relativ langen Scheitel gekennzeichneten Ereignis von 1997 auch ein Hochwasser mit dem Spitzenabfluss des Hochwassers von 1997, jedoch mit einer verkürzten Ganglinie zu betrachten.

Zu diesem Zweck wurde die der Modellierung zu Grunde liegende Datei mit den bei dem 1997er Hochwasser an den Modellrändern vorliegenden Randbedingungen so verändert, dass sich bei der Simulation eine modifizierte Ganglinie mit einer auf 3,6 Tage verkürzten Scheitellänge ergab (HSZ-O 1mod).

In Tab. 3-22 sind die für das Szenario HSZ-O 1 und die Deichvariante 1 berechneten Scheitelabsenkungen bei einer gesteuerten und einer ungesteuerten Flutung angegeben (maximale Absenkungen vor vollständiger Polderfüllung in Klammern).

Tab. 3-22: Simulationsergebnisse für die Absenkung des Hochwasserscheitels an den Pegeln Ratzdorf, Eisenhüttenstadt und Frankfurt bei Flutung der Neuzeller Niederung (HSZ-O 1mod)

Flutungsoption	Flutungsvariante	Q_max [m³/s]	Scheitelabsenkung [cm]		
			Ratzd.	EH	FFO
FOP-O 2 (gesteuerte Flutung)		260	**6**	**10** (25)	**19** (27)
		300	**3** (8)	**6** (30)	**8** (32)
FOP-O 1 (ungesteuerte Flutung)	B	215	15	**17** (22)	**20** (23)
	A	334	21	**1** (33)	**2** (34)

Im Falle der gesteuerten Flutung ist gegenüber dem Szenario HSZ-O 1 ein größerer Zustrom in den Polder und damit eine stärkere Scheitelkappung möglich. Die maximale Flussrate von 300 m³/s ist jedoch zu hoch angesetzt. Der Vergleich mit Tab. 3-20 lässt für das Szenario HSZ-O 1mod bei einer gesteuerten Flutung als optimale Zuflussrate einen Wert zwischen 193 und 260 m³/s und damit eine Scheitelabsenkung am Pegel Frankfurt von ca. 20 bis 23 cm erwarten.

Bei der Simulation der ungesteuerten Flutung für die modifizierte Ganglinie HSZ-O 1mod sollte geprüft werden, bei welchen Parametern in diesem Fall eine dauerhafte Scheitelkappung am Pegel Frankfurt erzielt werden kann. Aus diesem Grund wurden für die Simulation der ungesteuerten Flutung mit der Ganglinie HW 1997mod im Unterschied zu Kapitel 3.3.3.4 die Deichschwellen weniger stark abgesenkt und zwei Flutungsvarianten betrachtet:

Variante A:

- Höhe der Krone des oberen Bauwerkes = 34,80 müNN (entspricht HW 50)
- Höhe der Krone des unteren Bauwerkes = 32,63 müNN (entspricht HW 20)

Variante B:

- Höhe der Krone des oberen Bauwerkes = 35,00 müNN (entspricht HW 100)
- Höhe der Krone des unteren Bauwerkes = 32,97 müNN (entspricht HW 50)

Die Länge der abgesenkten Kronen wird für beide Varianten l = 400 m gewählt.

In Abb. 3-46 sind die Ergebnisse dieser beiden Simulationen dargestellt, wobei die Datumsangaben auf der Abszisse sich jetzt auf das fiktive Hochwasserereignis beziehen. Während bei der Variante A der Zustrom in den Polder so groß ist, dass sich noch vor dem Erreichen des Hochwasserscheitels eine Durchströmung einstellt, findet bei der Variante B zum Zeitpunkt des Scheiteldurchgangs noch eine Einströmung in den Polder über beide Bauwerke statt. Durch die gewählte Abstufung der beiden Deichschwellen ergibt sich bei dieser Simulation ein Zustrom über beide Schwellen etwa in der gleichen Größenordnung. Die Scheitelabsenkung am Pegel Frankfurt beträgt für die Variante B 20 cm (Tab. 3-22).

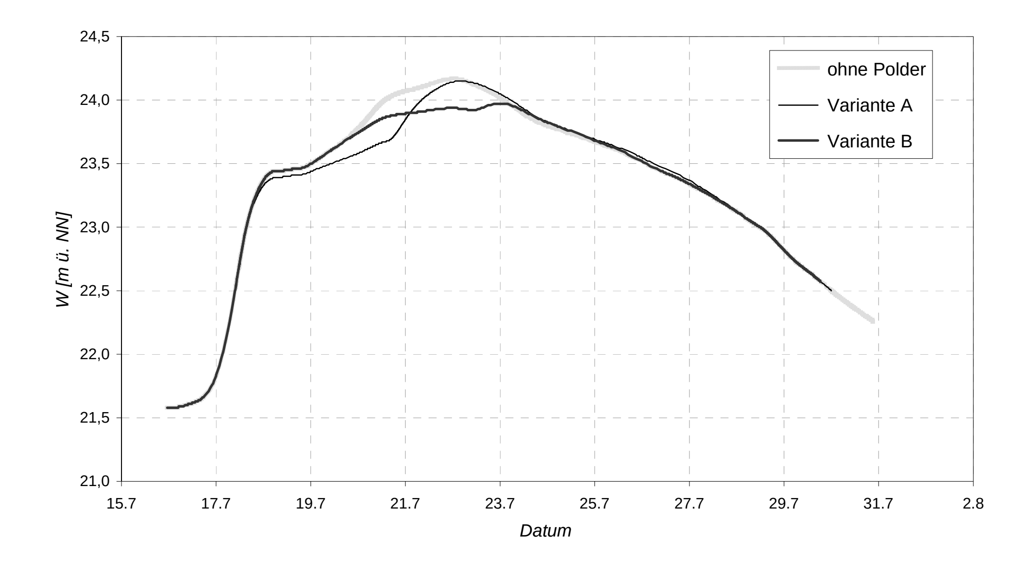


Abb. 3-46: Wasserstandsganglinien am Pegel Frankfurt aus Simulationsrechnungen für das Szenario HSZ-O 1mod mit zwei Varianten einer ungesteuerten Flutung der Neuzeller Niederung

3.4 Fazit

Im vorliegenden Kapitel wurden die Wasserstandsentwicklung für zuvor definierte Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen simuliert und daraus Flächenbetroffenheiten ermittelt. Dabei zeigte sich, dass sowohl die verfügbaren Datengrundlagen, insbesondere das Geländemodell, als auch die hydraulischen Bedingungen und der Grad der Komplexität in beiden Untersuchungsgebieten sehr unterschiedlich sind, so dass für jedes Gebiet ein angepasster Ansatz zur Beschreibung der Wasserstandsentwicklung gewählt wurde.

Untere Havelniederung

Die Simulationsrechnungen in der Unteren Havelniederungen beruhen in Ermangelung hochgenauer und aktueller Laserscan-Daten auf dem Digitalen Geländemodell auf Basis der Höheninformation der TK 1:10.000, das mittels aktueller Vermessungsdaten verbessert wurde.

Zur Simulation der Wasserstands- und Abflussentwicklung im Poldersystem an der Unteren Havel wurde das Gekoppelte Speicher Modell entwickelt, mit dessen Hilfe verschiedene Randbedingungen und Steuerungsoptionen beschrieben werden können. Im Modell werden Havelabschnitte und Polder als einzelne Speicher abgebildet, zwischen denen definierte Verbindungen bestehen. Das Modell konnte an den während der Flutung im Sommer 2002 aufgezeichneten Pegeldaten kalibriert werden.

Aufgrund der Komplexität des hydraulischen Systems sowie der zeitlichen Beschränkungen bei der Entwicklung stellt das Modell eine stark vereinfachte Abbildung der Realität dar. Der modulare Aufbau und die umfangreiche Dokumentation gewährleisten jedoch einerseits die Möglichkeit der Weiterentwicklung des Modells und andererseits die unkomplizierte Anwendung auf beliebige weitere Szenarios bzw. bei deren Vorliegen die Integration genauerer Grundlagendaten, z.B. Höhendaten oder Durchflussfunktionen.

Mit dem Modell wurden mit dem Referenzhochwasser 2002 und dem definierten Extrem-Hochwasser zwei extreme Szenarios untersucht. Während der um die Kappungsmenge korrigierte Hochwasserscheitel des Hochwassers 2002 bei 4225 m^3/s bzw. 770 cm a. P. Wittenberge lag, wies das definierte Extrem-Hochwasser einen Scheiteldurchfluss von 4440 m^3/s bzw. einen Wasserstand von 790 cm a. P. Wittenberge auf. Zur Kappung des Elbscheitels wurden über das Wehr Neuwerben beim Hochwasser 2002 75,6 Millionen m^3 (LUA 2002), beim Extrem-Hochwasserszenario 126 Millionen m^3 gesteuert eingelassen. Die gesamte gespeicherte Wassermenge in der Unteren Havel betrug beim Hochwasser 2002 ca. 170 Millionen m^3, beim Extrem-Hochwasserszenario reichlich 210 Millionen m^3.

Für diese Hochwasserszenarios konnten anhand der simulierten Wasserstände die Flächenbetroffenheiten in den Poldern ermittelt werden, die in 5-Tages-Schritte als Grundlage für die anschließende Schadener-

hebung klassifiziert wurden. Durch die um ca. 40 Millionen m³ größere zu speichernde Wassermenge zeigte sich beim Extrem-Hochwasserszenario, trotz Einbeziehen des Polders Große Grabenniederung in die Flutung, erwartungsgemäß eine höhere Flächenbetroffenheit. Die Flächen waren dabei in Abhängigkeit von den hydraulischen Bedingungen des jeweiligen Flutungspolder ca. 20 (Polder Kümmernitz) bis reichlich 40 Tage (Polder Warnau) betroffen.

Des Weiteren wurde für das Extrem-Hochwasserszenario eine gesteuerte und ungesteuerte Flutung simuliert, wobei „ungesteuert" in diesem Fall als freie Anbindung an die Havel ab dem Beginn der Modellsimulation (Vollabschluss der Havel gegenüber der Elbe) definiert wurde. Dadurch ergeben sich insbesondere in den tiefer gelegenen Polderbereichen um bis zu vier Tage verlängerte Überstauzeiten. Durch die einschränkende Definition der ungesteuerten Flutung fallen die Unterschiede in der Flächenbetroffenheit jedoch sehr gering aus, so dass bei den nachfolgenden Schadenermittlungen diese Flutungsoptionen nicht mehr differenziert werden.

In weiteren Modellsimulationen mit variierenden Rand- und Anfangsbedingungen, z.B. unterschiedlichen Vorfüllungsstände oder Grundwasserbedingungen, konnten zum einen die Auswirkungen der variierten Parameter auf die simulierten Wasserstände untersucht und zum anderen die Einsatzmöglichkeit des Modells zur Simulation verschiedener Szenarios aufgezeigt werden.

Zusätzlich zu den untersuchten Extrem-Hochwasserszenarios wurde die Option der „Ökologischen Flutung" in das Projekt aufgenommen. Dazu wurden die bei einem HW2 überstauten Flächen ausgewiesen, die in Abhängigkeit vom Polder ca. 5 bis 35 % der Polderflächen ausmachen.

Neuzeller Niederung

Im Sinne eines nachhaltigen Hochwasserschutzes an der Oder wird auch die Nutzbarkeit der Neuzeller Niederung als Flutpolder geprüft. Dazu werden zurzeit unter Berücksichtigung der verschiedenen Nutzungsansprüche sowie naturschutz- und baufachlicher Aspekte verschiedene Varianten der Deichführung diskutiert.

Im Kapitel 3.3 wurden auf der Basis eines Laserscan-DGM für zwei dieser Varianten und für die in Kapitel 1.3 genannten Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen die Wasserstandsentwicklung im Polder und die Entleerung der Niederung nach Rückgang des Hochwassers untersucht und daraus Flächenbetroffenheiten abgeleitet. Bei der ersten Deichvariante würde danach der gesamte nördliche Teil der Niederung mit den darin befindlichen Kleingarten-Kolonien durch einen Querdeich vom Flutungsgebiet abgetrennt, bei der zweiten Variante dagegen das Überflutungsgebiet an den Deich des Oder-Spree-Kanals unter Aussparung der vier größten Kolonien angebunden.

Die Analyse des Digitalen Geländemodells ergibt für die Deichvariante 1 im Falle einer Flutung vom Oder-km 549,0 bei einem Bemessungshochwasser HW 200 ein Retentionsvolumen von ca. 49 Millionen m³. Für die Deichvariante 2 könnte bei dieser Flutungsoption und entsprechender Ertüchtigung des Deiches am Oder-Spree-Kanal ein um 8 Millionen m³ größeres Volumen genutzt werden.

Simulationen mit dem hydrodynamischen Wasserstandsvorhersagemodell Grenzoder zeigten, dass bei einer gesteuerten Flutung mit maximal 140 m³/s der Scheitel des Hochwassers von 1997 am Pegel Frankfurt um 15 cm abgesenkt werden könnte. Dieser Wert zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem von DE ROO (2003) für vergleichbare Parameter mit einem N-A-Modell ermittelten Wert von 14 cm. Ein höherer Zustrom führt anfangs auch zu einer höheren Scheitelreduzierung, die aber bei dem relativ langen Scheitel des 1997er Hochwassers nicht bis zum Ende gehalten wird. Dagegen wäre für einen im betrachteten Oderabschnitt typischen kürzeren Hochwasserscheitel eine Absenkung von bis zu 20 cm ohne Probleme realisierbar (Flutung mit 200 m³/s). Eine solche Absenkung am Pegel Frankfurt ist jedoch auch bei ungesteuerter Flutung über zwei abgesenkte Deichschwellen möglich, wenn die Parameter der Schwellen optimal gewählt werden. Die nach Füllung der Niederung einsetzende Durchströmung würde zudem für die untersuchten Szenarios eine Absenkung des Wasserstandes am oberhalb liegenden Pegel Ratzdorf von 22 bis 38 cm bewirken.

Für die Hochwasserganglinie 1997 ist allen Flutungsoptionen in Abhängigkeit von den Bauwerksparametern eine ca. 3- bis 5-tägige Einströmphase gemeinsam. In einer zweiten Phase würde der in der Niederung erreichte Wasserstand im Wesentlichen vom Wasserstand in der Oder kontrolliert – bei der Deichvariante 1 bis zum Absinken des Oder-Wasserstandes unter die Schwelle des Auslaufbauwerkes. Je nach Flutungsoption dauert diese Phase zwischen ca. 30 und 70 Tagen und führt bei der Deichvariante 1 zu

einem Restvolumen, das erst für Oderwasserstände unterhalb MW über den Hauptgraben und den Freiauslass des Schöpfwerkes Eisenhüttenstadt aus der Niederung abgeleitet werden könnte.

Hinsichtlich der Entleerung der Niederung bietet die Deichvariante 2 entscheidende Vorteile. Da die tiefste Stelle der Niederung bei dieser Variante direkt an den Oder-Spree-Kanal angebunden wäre, könnte die in ungünstigen Fällen bis zu mehreren Monaten andauernde Wartezeit für die Überleitung eines Restvolumens entfallen. Des Weiteren läge während des Entleerungsvorganges zu gleichen Zeitpunkten der Wasserspiegel in der Niederung um ca. 1 m tiefer und ein ggf. auf Grund einer ungünstigen Wasserstandsentwicklung der Oder in der Niederung verbleibendes Restvolumen könnte direkt abgepumpt werden.

Unter dem Aspekt der gezielten Anpassung der Biozönosen der Niederung an Überflutungen wurde im Rahmen des Untersuchungsprogramms zusätzlich auch die Möglichkeit „Ökologischer Flutungen", wie sie beispielsweise im Polder Altenheim am Rhein praktiziert werden, geprüft. Die Analyse der morphologischen Verhältnisse in der Neuzeller Niederung ließ erkennen, dass eine „Ökologische Flutung" mit einer natürlichen Durchströmung der Niederung auch mit der Ausbildung größerer Überflutungsflächen verbunden wäre. Schon für ein einjähriges Hochwasser würden in Abhängigkeit von der gewählten Deichvariante zwischen 36 % und 62 % der eingedeichten Niederungsfläche überflutet werden. Die nachfolgende Entleerung der Niederung wäre insbesondere für die Deichvariante 1 schwierig. Eine Auswertung kleiner Hochwasser der vergangenen 20 Jahre zeigte, dass das für die natürliche Entleerung notwendige Oderniveau unterhalb MW häufig erst 1 - 3 Monate nach dem HW-Ereignis erreicht wird oder dass durch weitere Ereignisse die Überflutung auch weit über 3 Monate anhalten kann.

Die Auswertung der Flächenbetroffenheit ergab für die verschiedenen Flutungsoptionen und Deichvarianten ein sehr differenziertes Bild.

Für das Hochwasser 1997 und die Deichvariante 1 würde die gesteuerte Flutung zu einem langzeitig (> 75 Tage) überfluteten Anteil von 79 % und einer Mindestüberstaudauer von ca. 13 – 23 Tagen auf 14 % der eingedeichten Fläche führen. Die ungesteuerte Flutung mit der Deichvariante 2 wäre im Hinblick auf die potenzielle Flächenbetroffenheit vorteilhafter, da in diesem Fall lediglich 20 % der Flächen länger als 30 Tage und 19 % zwischen 1-19 Tagen überstaut werden würden.

Bei den betrachteten „Ökologischen Flutungen" wird der Vorteil der Deichvariante 2 besonders deutlich. Während hier im Falle des betrachteten einjährigen Hochwassers 56 % der Fläche nicht oder maximal 3 Tage überflutet werden würden, sind es bei der Deichvariante 1 nur 33 % der Fläche. Das Restwasser wäre bei der Deichvariante 2 nach spätestens 50 Tagen abgeflossen, während bei der Deichvariante 1 auf 13 % der Fläche das Wasser länger als 120 Tage stehen bleiben würde.

4 Schadenpotentiale in Siedlung/Infrastruktur und Ökologie

H. Ellmann, B. Schulze

4.1 Methodik

4.1.1 Ökologische Risikoanalyse

Die ökologische Risikoanalyse zählt zu den formalisierten Bewertungsverfahren. Sie wurde von BACHFISCHER (1978) als „ökologische Wirkungsanalyse bei unvollständiger Information" konzipiert. Sie hat sich zum Beispiel bei der Durchführung von UVS für die Prüfung von Vorhabensvarianten durchgesetzt, ist aber auch für die Bewertung von Nutzungs- oder Entwicklungsalternativen in der Landschaftsplanung allgemein anwendbar.

4.1.1.1 Zum Risikobegriff der Ökologischen Risikoanalyse

Obwohl das Adjektiv „ökologisch" zunächst eine naturwissenschaftliche Vorgehensweise nahe legt, beinhaltet ökologisches Risiko über naturwissenschaftliche Erforschbarkeit hinausgehende Werturteile. Die ökologische Risikoanalyse benutzt einen Risikoindex, d. h. es werden aus einzelnen partiell unterschiedlichen Beeinträchtigungsgrößen nach einer Regel (hier der Matrix) aggregierte Risiken gebildet.

Die Praxis der Umweltplanung wird heute methodisch von der Ökologischen Risikoanalyse bestimmt. Wenn auch bisweilen der Name vermieden und/oder die Methodik als verbal-argumentative Bewertung bezeichnet wird, so finden sich doch regelmäßige Elemente der Ökologischen Risikoanalyse wieder wie die Relevanzbäume, die Präferenzmatrix, die Klassenbildung zwecks Einschätzung oder die Begrifflichkeit.

Die ökologische Risikoanalyse versteht sich als „Versuch einer planerischen Operationalisierung[6] des Verursacher- Auswirkung- Betroffener- Zusammenhangs" (BACHFISCHER 1978). Diese Bewertungsmethode ist eine Form der Wirkungsanalyse im Mensch-Umwelt-System.

Die Beurteilung erfolgt formal durch die Bildung der drei Aggregatgrößen

- Intensität der potenziellen Beeinträchtigung (Beeinträchtigungsintensität); im vorliegenden Falle wird die Beeinträchtigungsintensität an Hand einer flächendeckenden Bewertung der Schutzwürdigkeit der Biotoptypen ermittelt.
- Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung (Beeinträchtigungsempfindlichkeit)
- Risiko der Beeinträchtigung

Zu Beginn der Arbeiten ist die Festlegung des Konfliktbereiches, welcher für das jeweilige Planungsvorhaben relevant ist, notwendig. Im vorliegenden Falle war das Bearbeitungsgebiet durch die Poldergrenzen klar definiert. Diese wurden mit den anderen Bearbeitern der Studie vorab abgestimmt.

Der nächste Schritt besteht in der Bestimmung der Intensität der potenziellen Beeinträchtigung durch die Nutzungsansprüche innerhalb jedes Konfliktbereiches. Bei solch einer Einschätzung in Hinsicht auf mögliche ökologische Auswirkungen durch Überflutungen von Polderflächen ist normalerweise eine umfangreiche Vorarbeit mit Anlage von Beobachtungsflächen sowie zumindest eine faunistische Vorkartierung von Charakterarten des Standortes nötig (PFADENHAUER et al. 1985). Aufgrund der Tatsache, dass die vorliegende Studie erst nach dem Hochwasser 2002 beauftragt wurde, liegen für die zu betrachtenden Flächen derartige gezielt ermittelte Daten nicht vor. Der bestuntersuchte Polder „Großer Graben" wurde 2002 nicht geflutet, so dass auch aus dieser Sicht keine Daten gewonnen werden konnten. Insgesamt ist das Wissen um die Auswirkung solcher Flutungen auf verschiedene Biotoptypen sehr gering wie der folgende Überblick über die Literatur zeigt.

---

[6] operationalisieren: Begriffe präzisieren, standardisieren durch Angabe der Operationen, mit denen der durch den Begriff bezeichnete Sachverhalte erfasst werden kann, oder durch Angabe der Indikatoren (der messbaren Ereignisse), die den betreffenden Sachverhalt anzeigen. aus: DUDEN: Das Fremdwörterbuch. Bd. 5, 1997, S. 571.

4.1.1.2 Literaturauswertung zur Empfindlichkeit von Biotopen gegenüber Überschwemmung

Am ehesten existieren noch Untersuchungen zu Flußauengebieten mit relativ regelmäßiger Überflutung auf natürlichem Wege (GRUBE 1997, BONN et al. 1997, SPANG 1997) oder zur Renaturierung von Hoch- und Niedermooren bzw. Aueflächen mit entsprechendem Monitoring bzw. sog. „Effizienzkontrollen" (GREMER 1998, SCHÄLLER et al. 1995, KIECKBUSCH 2003).

GOHR et al. (1999) stellen in einer Arbeit im Biosphärenreservat Mittlere Elbe Auengrünland und dessen naturschutzfachliche Bewertung dar. Insgesamt wurden hier 50 Dauerflächen auf mehr oder weniger häufig überflutetem Grünland untersucht. Bei der Auswahl der Flächen wurde besonders auf Standorte potentieller Stromtalpflanzen geachtet. Nach FISCHER (1996) sind Stromtalpflanzen Pflanzenarten, deren Verbreitung sich im norddeutschen Flachland auf die großen Flusstäler konzentriert; hier sind sie ausschließlich oder überwiegend anzutreffen. In Brandenburg sind sie besonders an Elbe, Havel und Oder vorhanden. Ins Haveltal drangen die meisten Arten von der Elbe her ein. Besonders reich an Stromtalarten sind das feuchte Überflutungsgrünland, die Flutrasen und die wechselfeuchten Auenwiesen. Dabei stellt die Brenndolden-Rasenschmielen-Wiese eine besonders artenreiche Gesellschaft dar. LEIPNITZ u. KÄDING (1996) untersuchten verschiedene Grünlandstandorte an der Unteren Havel. Daraus resultierten Bewirtschaftungsvorschläge für nasses Grünland (Schlankseggenried), für halb- bis wechselnasse Standorte (Rohrglanzgrasröhricht, Knickfuchsschwanzrasen) sowie für Rasenschmielenwiesen als Mähweide (siehe auch KÖPPEL 1997, HASLAM 1970, BRÄNDLE 1990, WESTHUS 1996 und STEINMANN u. BRÄNDLE 1984).

Ähnliche Hinweise gibt TESCH (1999) bei der Auswertung vegetationskundlicher Begleituntersuchung auf Grünlanddauerflächen von 1988-1998. Verschiedene extensive Bewirtschaftungsformen unterschiedlicher Feuchtegrade wurden untersucht. Als Ergebnisse werden folgende Aussagen aufgeführt[7]:

- Einwanderung neuer Arten infolge der Extensivierung ist ein sehr langwieriger Prozess, Dominanzverschiebungen treten schneller ein
- oft ungerichtete, „chaotische" Fluktuationen und Dominanzverschiebungen
- gerichtete Tendenzen sind erst nach vielen Jahren zu erwarten
- je artenreicher der Bestand, desto stabiler ist er
- artenreiche Flächen auch mit mehr Zielarten besitzen einen höheren Naturschutzwert
- Nutzungsaufgabe ist problematischer als leicht intensivere Nutzung
- Arten anspruchvoller Futtergräser nahmen durch Extensivierung ab
- Aushagerung sehr langwierig; kaum zu beobachten; auf Weiden weniger als auf Mähwiesen

Ähnlich geartete Untersuchungen existieren u. a. für die Elbtalaue ZIMMERLING et al. (1999) sowie für Grünlandextensivierungen in Süddeutschland (BRIEMLE 1999, OCHSE und MICHELS 1999). Für die Aue der Unteren Havel liegen pflanzensoziologische Untersuchungen von BURKART (1998) vor, die jedoch den Aspekt der Flutung von Polderflächen und damit verbundene Auswirkungen nicht betrachten.

Diverse Literatur zur Auswirkung von Überstaumaßnahmen an Flüssen des norddeutschen Tieflandes liegt für Wirbellose vor (HANDKE 1997). Alle Maßnahmen hatten sofort erhebliche Veränderungen in der Fauna zur Folge. Asseln, Gehäuseschnecken und Regenwürmer verschwanden aus den lang überstauten Flächen, typische Laufkäferarten nahmen deutlich ab. Dafür kam es zur Förderung kleiner flugfähiger Arten unter den Laufkäfern. Aus allen genannten Literaturangaben geht nicht hervor, welchen Einfluss eine einmalige Totalüberstauung auf Grünlandflächen verschiedener Ausprägung haben könnte. Außerdem ist neben der möglichen Zerstörung der Grasnarbe und einem Ausfaulen bestimmter Arten mit entsprechender Schaffung von Räumen für Pionierarten zu rechnen. Unklar ist, welchen Einfluss diese Überstauung auf die Kleintierfauna (insbes. Laufkäfer etc.) hat. So gelten die kalkarmen oder sauren Böden in den Feuchtgebieten an der Havel als artenarm (MÜHLE 2003). Basische Biotope an Gewässerufern sind durch typische Arten gekennzeichnet. Der hohe Grundwasserstand verhindert, dass sich z.B. besonders Nacktschnecken bei längerer Trockenheit tief in den Boden eingraben können. Länger andauernde Über-

[7] Anmerkung: Dies ist vor dem Hintergrund eventueller „ökologischer Flutungen" bemerkenswert.

flutungen können sich indirekt über die Fortpflanzung bzw. direkt durch den fehlenden Lebensraum auswirken.

Bei Kleinsäugern kann von einem Totalverlust in den zentralen Niederungsgebieten ausgegangen werden. Welchen Einfluss dies jedoch auf die Populationsentwicklung der Arten und in der temporären Zerstörung der Nahrungskette für potentielle Jäger haben kann, ist ungeklärt.

Bei der Zerstörung der Vegetation von Wald- und Forstflächen durch eine einmalige Überflutung ist der Erkenntnisstand noch geringer als bei Grünland (RICHTER 2000, ANONYM 2000). Neben der Wasserversorgung, des Überstauungszeitraumes im Jahreslauf und des damit verbundenen möglichen Sauerstoffmangels im Boden spielt die Baumartenspezifik scheinbar eine besondere Rolle (BRÜCKNER et al. 1999). Im Sommer treten in der Regel bei nicht überstauten Flächen kurzfristige Defizite in der Wasserbilanz regelmäßig auf und können bei Bäumen durch Wasserreserven aus Stamm und Ästen aufgefangen werden. Nachts werden die Defizite über die Wasseraufnahme aus dem Boden wieder ausgeglichen. Die Toleranz gegenüber der Höhe von Wasserdefiziten ist generell artspezifisch und wird darüber hinaus durch die Konstitution der Pflanze beeinflusst (LYR et al. 1992). ARMBRÜSTER et al. (1999) untersuchten im Überschwemmungsgebiet des Rio Solimões (Amazonas) Ursachen des Absterbens von Bäumen. Aufgrund hoher Pegelschwankungen des Hauptflusses, wird der Waldboden der hier vorkommenden Wälder um mehrere Meter überflutet. Die Überschwemmung führt zu Veränderungen bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter, die als Stressfaktoren auf Pflanzen wirken. In der Regel werden in überfluteten Böden Wurzelwachstum, Gasaustausch, Mineralstoff- und Wasseraufnahme durch anaerobe Bedingungen negativ beeinflusst, was bei nicht-adaptierten Baumarten zum Absterben der Pflanze innerhalb weniger Tage bis Wochen führen kann. Die Bäume der zentralamazonischen Überschwemmungswälder dagegen sind durch morphologische, anatomische und physiologische Anpassungen in der Lage, monatelange Überflutung des Wurzel- und unteren Stammbereichs zu überdauern und ihren Stoffwechselmetabolismus teilweise aufrecht zu erhalten. In dieser Studie wurde der Einfluss der Überflutung auf das Photosynthese- und Transpirationsverhalten der Baumarten *Laetia corymbulosa* (Flacourtiaceae) und *Pouteria glomerata* (Sapotaceae) untersucht. Beide Arten reagieren, im Gegensatz zu anderen dort etablierten Baumarten, nicht mit Laubabwurf während der Überflutung, jedoch war an *Laetia corymbulosa* ein fast vollständiger Abwurf der Krone während der terrestrischen Phase zu beobachten[8].

Zur optimalen Versorgung der Pflanzen reicht das Niederschlagswasser im Sommerhalbjahr meist nicht aus. Daher werden auch andere Wasserreserven, wie Grundwasser und kapillar aus dem Grundwasser aufsteigendes Wasser aufgenommen (NEUMANN und WOLFF 1998). Bei Trockenstress finden im Wurzelbereich auch physiologische Anpassungen statt. Die Permeabilität der Wurzelzellen wird heraufgesetzt, die Saugspannung kann zur Ausschöpfung schwer erreichbarer Wasserreserven deutlich erhöht werden. Viele Pflanzen können einen in 5 m Tiefe liegenden Grundwasserspiegel und den darüber liegenden Kapillarsaum noch nutzen. Sogar Kräuter und Gräser erreichen Tiefen von 4 – 6 m (STRASSBURGER 1983). Die Wurzeltiefe ist zuvor art- und standortabhängig, jedoch werden artspezifische Unterschiede in der Ausprägung des Wurzelraumes durch standortabhängige Faktoren überprägt. Dies ist im vorliegenden Falle im Bereich der Polderflächen ebenso der Fall, da hier in der Regel ein künstliches Trockenhalten über längere Zeit erfolgte. Auf ehemaligen Nassflächen haben sich dadurch überwiegend Waldgesellschaften der „nächst trockeneren Stufe“ ausgebildet, bzw. wurden sie durch die Forstwirtschaft gezielt angelegt. Dies muss in der späteren Bewertung entsprechend berücksichtigt werden.

Außerhalb von Feuchtgebieten, dazu sind große Teile der Polderflächen zu rechnen, ist die Wasserversorgung der Krautschicht aus dem Grundwasser generell als quantitativ geringfügig einzustufen. Auch Jungbäume und Neupflanzungen sind wegen des noch nicht voll erschlossenen Wurzelraumes und des weniger intensiven Grundwasserkontaktes gegenüber Grundwasserschwankungen unempfindlicher – gegen Niederschlagsmangel dagegen empfindlicher.

Einen hohen Wasserbedarf haben Großbäume, die aufgrund ihrer großen Blattmaße eine hohe Verdunstungsleistung erbringen und daher bei Grundwasserabsenkungen erheblich belastet werden können. Die Transpirationsleistung von Bäumen ist artspezifisch. So verbraucht nach LARCHER (1994) ein Birkenbestand während des Sommers durchschnittlich 4,7 mm/m²d, während ein Buchenbestand nur 3,8 mm/m²d

[8] Anmerkung: Ein ähnliches Verhalten zeigten die überfluteten Bäume in einigen Polder an der Unteren Havel ebenfalls, wobei z. T. auch zeitliche Versetzungen bei den Arten auftraten.

verbraucht. Die Werte schwanken mit den klimatischen Bedingungen und der Witterung. Auch der Standort eines Baumes wirkt sich stark auf die Verdunstung aus. Einzelbäume müssen wesentlich mehr Wasser verdunsten als Waldbäume, weil sie direkt Wind und Sonne ausgesetzt sind. Eine einzelnstehende Birke kann im Sommer bei Sonnenschein etwa 14,2 l/m²d verdunsten, ein geschlossener Birkenbestand hingegen durchschnittlich nur 4,7 l/m²d. Die effektive Wurzeltiefe wird bei obigen Autoren mit ca. 1,50 m angegeben, wobei z. T. auch noch Starkwurzeln bis 3 m und sog. "Derbwurzeln" bis 4 – 5 m Tiefe gefunden wurden. Bei höher anstehendem Grundwasser ist das Tiefenwachstum begrenzt. Die Wasseraufnahme im Boden geschieht durch sehr feine Wurzeln und Wurzelhaare. Feinstwurzeln und Wurzelhaare sind sehr empfindlich und kurzlebig. Sie werden ständig neu gebildet und sind daher sehr flexibel im Ausschöpfen von Wasserreserven des Bodens. Geringfügige Änderungen im Wasserangebot können kurzfristig lokalisiert und ausgeschöpft werden. Einer drastischen Senkung des Grundwasserspiegels vermögen Bäume jedoch nicht zu folgen. Bei Untersuchungen an Parkbäumen in Berlin wurden für verschiedene Baumarten die Eindringtiefen der Wurzeln ermittelt. Auch hier zeigten sich sowohl zwischen den Baumarten als auch zwischen den Untersuchungsgebieten (Tiergarten, Grunewald, Jungfernheide) erhebliche Unterschiede, die auch von den verschiedenen Grundwasserflurabständen abzuhängen scheinen. (Allerdings wurden nur Standorte mit GW-Flurabständen >4 m bzw. >5 m untersucht.) Deutlich wird, dass bei größeren Grundwasserflurabständen von den Bäumen nur noch auf das Wasser der oberen Bodenschichten zurückgegriffen wird. Hier sind dann wieder die Substrate entscheidend, die das Wasserrückhaltevermögen der Böden bestimmen.

Die Reaktion von Bäumen auf Grundwasserschwankungen hängt von der maximalen Wurzeltiefe sowie von den Boden- und Grundwasserverhältnissen ab. Vor allem für Wassermangel existieren dafür entsprechende Untersuchungen (NEUMANN und WOLFF 1998, LYR et al. 1992). Durch hydromeliorative Eingriffe bzw. die zeitliche Staffelung mehrjähriger Grundwasserabsenkungen folgen die Wurzeln dem gesunkenen Grundwasserstand durch Wachstum, um dem akuten Wassermangel entgegenwirken. Die Rückdrängung, die sonst regelmäßig im Winterhalbjahr stattfindet, entfällt entweder ganz oder tritt nur unvollständig ein. Falls die Rückdrängung so lange ausbleibt, dass sich Derb- oder Starkwurzeln im temporär grundwasserfreien Bereich entwickeln konnten, besteht die Gefahr, dass die Wurzeln beim Wiederanstieg des Grundwassers durch Vernässung geschädigt werden. Durch einen Anstau des Grundwasserspiegels bis in den Wurzelraum können Vernässungen mit anschließender Fäulnisbildung entstehen. Nur wenige Baumarten (z.B. Erle oder Stieleiche) vertragen, folgt man den oben genannten Autoren, Staunässe; die meisten heimischen Arten reagieren jedoch sehr empfindlich auf Einstauungen. Vernässung eines Großteils des Wurzelraumes führt zu Versorgungsdefiziten und zu sofortiger Schädigung des Baumes. Eine Schädigung durch Infektion von Starkwurzeln kann nach 8 – 10 Jahren zu sichtbaren Schäden führen. Neben dem im Boden gespeicherten Wasser und dem freien Grundwasser kann Wasser zudem noch durch Kapillarkräfte in die oberhalb des Grundwasserspiegels liegende Bodenschicht eindringen (WESSOLEK 1992).

Neben dem beschriebenen Wassermangel kann ein dauerhafter oder temporärer Wasserüberschuss durch Staunässe oder Überflutung zu Störungen bzw. Schäden an den Bäumen führen. Wie bereits mehrfach genannt, ist auch hier von einer baumartenabhängigen Empfindlichkeit zu sprechen. Für Auwaldbäume liegen z.B. Untersuchungen zur Überflutungstoleranz von SPÄTH (1988) vor, die in Tab. 4-1 vereinfacht dargestellt werden.

Tab. 4-1: Überflutungstoleranz verschiedener Baumarten (SPÄTH 1988)

Baumart	vitaler Bereich [d]	kritischer Bereich [d]
Rotbuche	8	45
Kirschen	7	50
Bergahorn	45	85
Hainbuche	65	85
Linde	65	115
Feldahorn	115	-
Esche	65	130
Stieleiche	130	-
Grauerle	130	-
Feld- und Flatterulme	135	-

Silberweide	170	175

Die Überflutungshöhe sowie das Alter der untersuchten Kulturen bzw. des natürlichen Jungwuchses bleiben aus Übersichtsgründen unberücksichtigt. Festzustellen ist jedoch, dass sich außerdem noch Unterschiede zwischen stauenden und stehenden Überflutungen zeigen, die möglicherweise aus dem Sauerstoffgehalt des Wassers resultieren. Die Untersuchungen am Rhein wurden jedoch auf Flächen durchgeführt, die zumindest in temporär „regelmäßig überfluteten" Bereichen standen. Somit kann von einer gewissen Anpassung ausgegangen werden.

SCHAFFRATH (1996) schreibt, dass sich an der Oder nur noch 3,7 km² Auwald auf dem 178 km langen Brandenburger Abschnitt (Westufer) befinden. Davon sind ca. 2/3 Hartholzaue und 1/3 Weichholzaue. Weitere 93 ha als Weichholz zu beschreibender Bestand, ist in den Flutungspoldern, die regelmäßig geflutet werden, vorhanden. Dies weist darauf hin, dass bei längerer Überstaudauer Hartholzarten benachteiligt sind.

Für die Forstwirtschaft wurden Kartierungen an Auewaldbeständen durchgeführt. (ANONYM 1996). Die Kartierergebnisse finden sowohl in der mittel- und langfristigen Betriebsplanung, als auch in der jährlichen Betriebsausführung Anwendung. Schwerpunkte sind die Empfehlung standortgerechter Baumarten und optimaler Bestockungsziele.

Tab. 4-2: Forstliche Einstufung von Baumarten hinsichtlich ihrer Überflutungstoleranz (ANONYM 1996)

Baumart	**Überflutungstoleranz**				
	sehr gering	**gering**	**mittel**	**groß**	**sehr groß**
Vogelkirsche	x				
Traubenkirsche				x	
Winterlinde		x			
Sommerlinde		x			
Bergahorn		x			
Spitzahorn			x		
Feldahorn	keine Angabe				
Bergulme		x			
Feldulme				x	
Flatterulme				x	
Schwarzerle			x	x	
Weißerle					x
Stieleiche			x	x	
Esche			x		
Silberweide					x
Bruchweide					x
Reifweide					x
Rubensweide					x
Schwarzpappel					x
Graupappel				x	
Balsampappel			x		
Silberpappel		x			
Aspe		x			

Für Gehölzgesellschaften eines Untersuchungsgebietes an der Elbe, die als noch verbliebene Reste von Weich- und Hartholzauenkomplexen kleinflächig vorhanden sind, ließen sich über einen Gesamtzeitraum von 34 Jahren die jeweiligen Überflutungshäufigkeiten bestimmen (HELLWIG 1986). So unterliegen dort beispielsweise die Bestände des Salicetum albae einer durchschnittlichen Überflutung von 120 – 197 Tagen pro Jahr, die Hartholzauenwälder vom Typ des Querco-Ulmetum minoris sind hingegen nur bis zu einer Dauer von maximal 85 Tagen im Jahr überschwemmt. Ein Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen aus verschiedenen anderen mitteleuropäischen Flusslandgesellschaften zeigt, dass sich die jeweils ermittelten Überflutungstoleranzen der Gehölze weitgehend einander entsprechen, auch wenn sich die jeweiligen

Flusssysteme in ihrer Hydrodynamik und dem Hochwasserregime deutlich unterschieden. Dies könnte eine Ursache dafür sein, dass trotz aller naturräumlichen Unterschiede die grundsätzliche Zonation der Waldgesellschaften an allen Tieflandflüssen Mitteleuropas mehr oder weniger die gleiche ist. Die deutlichsten Veränderungen zeigten sich in untersuchten Flutrasenbeständen, die sich innerhalb der 3 Untersuchungsjahre durch Auflassung oft bereits zu Röhrichtgesellschaften entwickelten.

Untersuchungen zur physiologischen Anpassungsfähigkeit an den Extremstandort der Aue wurden von 1997 bis 1999 auf sieben Testflächen des Forschungsverbundprojektes „Elbe-Ökologie“ an ca. 100 Einzelgehölzen auf vier Testflächen von S. x rubens durchgeführt (KÄTZEL und ZANDER 1999). Weiden gelten als besonders widerstandsfähig. In den gewässernahen Bereichen kommt dabei aus vegetationsökologischer Sicht vor allem den Weidengebüschen (ELLENBERG 1992) besondere Bedeutung zu. Durch ihr weit verzweigtes Wurzelsystem verfügen die Weiden über eine gute Bodenhaftung, die Erosionen entgegenwirkt. Sie sind Erstbesiedler von Rohböden und vertragen selbst längere Überstauungen. Beispielsweise hat die Silberweide von allen Auenwaldgehölzen die höchste Überflutungstoleranz. Die Untersuchungen in der Lenzener Elbtalaue zeigen, dass die physiologische Prädisposition der Weiden gegenüber tierischen und pilzlichen Schadfaktoren wesentlich über das Überleben der Kulturen, aber auch etablierter Gehölze, entscheidet.

BERNHART (2003) beschreibt für einen Polder im Oberrhein, dass zur Gewährleistung ökologischer Aspekte eine Flutung nicht nur im Hochwasserfall, sondern mehrfache jährliche Überflutungen im natürlichen Ablauf und Rhythmus nötig sind. Stehendes Wasser und zu große Einstauhöhen stellen dabei einen Konflikt dar. Nach HENRICHFREISE (2003) ist festzuhalten:

- In Poldern können keine auetypischen, hochwasserresistenten Biozönosen entstehen.
- Die hochwasserempfindlicheren Biozönosen werden zusätzlich durch unnatürlich hohe und/oder zu lange Einstaue beeinträchtigt.
- Bei Polderbetrieb sind Schädigungen an der Vegetation (Baum- und Waldbestände) nicht vermeidbar (Sie werden jedoch in vielen Fällen als Ereignisse dargestellt, die unter natürlichen Bedingungen ebenfalls aufträten.).
- Auebiozönosen verändern sich nach mehreren Trockenjahren und einem nassen Jahr mit Sommerhochwasser ebenfalls, besitzen jedoch eine funktionierende Regenerationsfähigkeit im Gegensatz zu bisher nur ohne Hochwasser funktionierenden Waldbiotopen (Beispiel: Absterben eines Bestandes im Rheinwald 3 Jahre nach einem Deichbruch bei Rotbuche, Bergahorn und Esche).

Insgesamt ist festzustellen, dass zur Überflutungstoleranz von Bäumen weiterhin durchaus Forschungsbedarf besteht. Das Institut für Landespflege Freiburg unterhält aktuell z. B. eine 4,5 ha große Wiesenfläche im Bohrer bei Horben (ANONYM 2003). Ein Flutungsversuch mit verschiedenen Baumarten soll auf dem Feuchtfeld Aufschluss über ihre Überflutungstoleranz geben.

4.1.1.3 Begriffsdefinitionen

Beeinträchtigung

Unter Beeinträchtigungen natürlicher Ressourcen werden Änderungen von Quantitäten oder Qualitäten verstanden, die nach Art und Ausmaß die Befriedigung der Ansprüche an diese natürlichen Ressourcen erheblich erschweren oder unmöglich machen. Um den Zusammenhang Verursacher- Auswirkung- Betroffener zu untersuchen, teilt sich das Verfahren auf in die Untersuchung der Betroffenen (natürliche bzw. ökologische Faktoren) und der Verursacher (Nutzungsansprüche).

Beeinträchtigungsintensität

Im vorliegenden Falle werden ausschließlich Biotope, Tiere, Pflanzen, Land- und Forstwirtschaft sowie Wasser (Überflutung) in die Betrachtung einbezogen. Dabei wird im vorliegenden Falle unterstellt, dass jedem Biotop- und Nutungstypen eine bestimmte ökologische Wertigkeit zugeschrieben werden kann. Je höher diese Wertigkeit ist, umso höher ist auch die potenziell mögliche Beeinträchtigungsintensität.

Beeinträchtigungsempfindlichkeit

Auf der Betroffenenseite werden zunächst die Leistungen der Naturgüter für Nutzungsansprüche, d. h. die Eignung (hier gegenüber Überstauung), ermittelt. Dazu werden Indikatoren gebildet und herangezogen. Diese werden durch Untersuchungen (Datenübernahme, Berechnung oder Messung) für den Untersuchungsraum konkretisiert. Durch Abgleich der Untersuchungsergebnisse mit fachlichen Zielvorstellungen entsteht die Beeinträchtigungsempfindlichkeit. Diese fasst die Nutzungseignung natürlicher Ressourcen und die „Übertragungseigenschaften" der Geofaktoren für Wirkungen zusammen und ordnet sie in einer ordinalen Skala.

Verknüpfungsmatrix

Ob die Aufstellung einer Präferenzmatrix als Aggregationsvorschrift sinnvoll ist, muss im Einzelfall geklärt werden. Es bedarf auf jeden Fall einer Erläuterung durch eine verbale Argumentation. Die vorgeschlagene Skalierung beruht darüber hinaus auf drei Größen (Wertigkeit des Schutzgutes, Intensität der Beeinträchtigung und Eintrittswahrscheinlichkeit).

Risiko der Beeinträchtigung

Das Risiko der Beeinträchtigung ergibt sich dann aus der Verknüpfung der beiden mit Hilfe der Bewertungsbäume ermittelten Größen in einer Verknüpfungsmatrix und soll das Ausmaß der Beeinträchtigung natürlicher Ressourcen messbar machen. Die Verknüpfungsmatrix stellt die Intensitäts- und Empfindlichkeitsstufen gegenüber.

4.1.1.4 Zustandseinschätzung des Schutzguts Biotop- und Nutzungstyp

Für die Zustandseinschätzung wurde die flächendeckende Biotop- und Nutzungstypenkartierung im Maßstab 1:10.000[9] herangezogen, die aufgrund des Alters der Daten durch vertiefende Untersuchungen vor Ort ergänzt werden musste. Die Einschätzung wurde auf Basis der folgenden Kriterien vorgenommen:

- Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften,
- Schutz- und Vorranggebiete,
- Empfindlichkeit.

In die Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften gehen die Kriterien Standortverhältnisse, Art und Intensität der Nutzung, Regenerationsmöglichkeit, Vorkommen gefährdeter Arten und Gesellschaften, Vorkommen für das Untersuchungsgebiet besonders arten- bzw. individuenreicher Lebensgemeinschaften oder Populationen bestimmter Arten ein, sofern dies nach Augenschein oder das Vorhandensein von entsprechenden Materialien dies zuließ. Die Einschätzung der Bedeutung erfolgt in drei Stufen („sehr hoch, hoch und vorhanden"). Die Vorbelastung ist in dieser Einstufung bereits berücksichtigt und wird daher nicht gesondert bearbeitet. Tab. 4-3 zeigt die generelle Einstufung der Biotoptypen.

Bei der Bewertung der Biotop- und Nutzungstypen kann es vorkommen, dass ein im Schlüssel gleich erfasster Biotop- und Nutzungstyp in verschiedenen Poldern aufgrund seiner Ausprägung einer anderen Wertigkeitsstufe zugeordnet wurde. Eine Besonderheit der Arbeit war es, die verschiedenen Biotopschlüssel und die nicht einheitliche Darstellung der Länder so zu verknüpfen, dass eine gemeinsame Lesbarkeit gegeben ist. U. a. wurden für die Brandenburger Plangebietsflächen alle linienhaften und nicht flächig ausgehaltenen Biotoptypen (Hecken, Baumreihen etc.) als Flächen in die ArcView-Dateien eingearbeitet. Für länderübergreifende Flächen musste eine Anpassung der Schlüsselnummern erfolgen.

[9] Luftbildkartierung M 1:10.000, Land Brandenburg 1994

Tab. 4-3: Grundsätzliche Wertigkeit der Biotoptypen

Potenzielle Beeinträchtigungsintensität/ Wertigkeit	Bedeutung für den Schutz von Arten und Lebensgemeinschaften
sehr hoch	Hierzu zählen Biotoptypen, wenn sie (Teil-) Lebensraum landesweit gefährdeter Tier- und Pflanzenarten sind und/oder landesweit gefährdete Pflanzenarten beherbergen. Es handelt sich in der Regel um Biotoptypen mit extensiver oder fehlende Nutzung oder mit langen Regenerationszeiten (mehrere Generationen). Ebenfalls zu dieser Wertstufe zählen Einzelbäume und Baumgruppen, die sich durch besonders hohes Alter auszeichnen (sehr lange Regenerationszeit). Des Weiteren wurden alle in den Kartierschlüsseln des Landes Sachsen-Anhalt und Brandenburg geschützten Biotope hier eingeordnet.
hoch	Hierzu zählen Biotoptypen mit mäßig intensiver bis fehlender Nutzung und/oder mit langen Regenerationszeiten und/oder mit wichtigen Vernetzungs- und Korridorfunktion bzw. Funktionen als Rückzugslebensraum
vorhanden	Hierzu gehören Biotoptypen mit mittlerer und intensiver Nutzungsintensität mit mittleren bis kurzen Regenerationszeiten. Bei intensiver Nutzung erhalten sie nur sehr wenige für den Arten- und Biotopschutz wichtige Elemente.

4.1.1.5 Bestimmung der Empfindlichkeit der Biotope gegenüber Beeinträchtigungen

Die konkrete Empfindlichkeit der einzelnen Biotoptypen wird im Hinblick auf Schadstoffeintrag, Verlärmung, Zerschneidung, Störung funktionaler Zusammenhänge sowie Standortveränderungen durch lang anhaltende Überstauung eingeschätzt und ebenfalls in drei Stufen („sehr hoch, hoch, vorhanden“) klassifiziert.

Aufgrund des relativ geringen Wissens zur Empfindlichkeit der unterschiedlichen Biotope wurden mehrere Begehungen in den gefluteten Poldern in der Zeit von Juni bis September 2003 vorgenommen. Außerdem wurden gezielte Begehungen in Forstgebieten nach entsprechenden Informationen[10] durchgeführt. Besondere Ausfälle wurden bei folgenden Baum- und Straucharten (etwa in der Reihenfolge der Beeinträchtigung) aufgenommen: Birke, Erle, Esche, Weißdorn, Holunder, Espe, Fichte, Lärche, Linde.

Eher geringere Auswirkungen sind bei Eiche, Kiefer und z. T. bei der Pappel zu verzeichnen. Allerdings war zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine langfristige Schadenanalyse möglich. Entsprechend wurden die baumgeprägten Biotoptypen nach Vorkommen der Arten und Bestandszusammensetzung bewertet.

Bei der Einschätzung der Biotoptypen der „Krautigen Vegetation“, also von Wiesen, Weiden, Röhrichten, Säumen etc. wurde davon ausgegangen, dass wenn eine „Vorbelastung“ durch hoch anstehendes Grundwasser in der Vergangenheit oder durch naturschutzfachlich begründete Überstauungen (z.B. Polder Flötgraben) vorhanden ist, sich dies auf die Empfindlichkeit der entsprechenden Biotope auswirkt. Demzufolge ist die Empfindlichkeit eher niedrig. Intensiv genutzte Grünländer dagegen verändern sich bis hin zum Totalausfall der Narbe, so dass die Empfindlichkeit höher ist. Allerdings ist die leichtere Wiederherstellbarkeit ebenfalls zu betrachten.

Im ersten Schritt wurde die Empfindlichkeit für den „schlimmsten Fall“, also für eine potenziell lang anhaltende vollständige Überstauung ermittelt.

---

[10] Kubelka, M. Forstamt Havelberg, mündl. Mitteilung 09/2003

Wie oben bei der kurzen Literaturauswertung (siehe Kapitel 4.1.1.2) beschrieben, ist die Annahme, dass Flächen auf sog. „Auestandorten" (also ehemals vor Auspolderung direkt zur häufig überfluteten Aue gehörige Flächen – Flutmulden mit Riedern, Erlenbrüche bei entsprechender Lage im Gelände u. ä.) zwar beeinträchtigt werden, dies jedoch in der Aue als „normal" angesehen wird, ausgewertet worden[11]. Dazu wurde allen möglichen in diese Kategorie einstufbaren Biotopen in der Datenbank eine entsprechende Kennung zugeteilt. Diese Darstellung sollte bei der Auswertung u. a. Hinweise auf mögliche Auswirkungen einer „Ökologischen Flutung" geben.

Folgende Biotoptypen der jeweiligen Länderschlüssel wurden als „potenzielle Auebiotope" eingestuft:

Brandenburg	
05104 (nach Ausprägung)	Staudenfluren
05130 (nach Ausprägung)	aufgelassenes Grasland
05150 (nach Ausprägung)	Intensivgrasland
07101	Weidengebüsche nasser Standorte
08100	Moor- und Bruchwälder
083... (nach Ausprägung)	Laubholzforsten
0848... (nach Ausprägung)	Nadelholzforsten

Sachsen-Anhalt	
KCh.m	Calamagrostisflur (spezielle Ausprägung)
Kfr.. (in allen Ausprägungen)	Röhrichte
KGf.. (nach Ausprägung)	Feucht-/Naßgrünland
Kgu... (in allen Ausprägungen)	Flutrasen
KSf... (nach Ausprägung)	feuchte/nasse Staudenfluren
WA...	Auwald
WE... (nach Ausprägung)	Nadelmischwald
WF...	Bruchwald
WM... (nach Ausprägung)	Mischwald
WU... (nach Ausprägung)	Laubmischwald

Im dritten Schritt erfolgte eine nochmalige Bewertung der Empfindlichkeit jedes Biotoptyps für die Länge der Überstauung aufgrund der vorgegebenen Zeitintervalle[12]. Dabei wurde wiederum davon ausgegangen, dass der „schlimmste Fall", nämlich ein Sommerhochwasser, betrachtet wird. Aus der Literatur geht zumindest prinzipiell hervor, dass eine langandauernde Überflutung für Gehölze während der Vegetationsperiode größere Auswirkungen hat, als in der Vegetationsruhe.

4.1.1.6 Einschätzung des Ökologischen Risikos

Hier erfolgt die Verknüpfung der Intensität potenzieller Beeinträchtigungen und der Empfindlichkeit gegenüber potenziellen Beeinträchtigungen (Überflutungsdauer) zum Risiko der Beeinträchtigung. Dazu

[11] Hier ist zumindest festzustellen, dass die Meinungen zu diesem Thema in der Literatur auseinander gehen.

[12] Die Havelpolder besitzen eine andere Aufschlüsselung als die Neuzeller Niederung.

wurden nach der Matrix in Tab. 4-4 entsprechende Abfragen in der Datenbank durchgeführt. Die Darstellung der ermittelten Risikostufen erfolgt flächenhaft in Auswertungskarten und in Form von Diagrammen.

Tab. 4-4: Verknüpfungsmatrix (nach RIEDEL und LANGE 2001, S. 108)

Beeinträchtigungsintensität durch Überflutung	**Schutzwürdigkeit**	**Schutzwürdigkeit**	**Schutzwürdigkeit**
	sehr hoch (+++)	hoch (++)	vorhanden (+)
sehr hoch (+++)	hohes Risiko (!!!)	hohes Risiko (!!!)	mittleres Risiko (!!)
hoch (++)	hohes Risiko (!!!)	mittleres Risiko (!!)	geringes Risiko (!)
vorhanden (+)	Mittleres Risiko (!!)	geringes Risiko (!)	geringes Risiko (!)

Man liest die Tabelle auf folgende Art: Wenn die Schutzwürdigkeit hoch (++) ist und die zu erwartete Beeinträchtigungsintensität durch die betreffende Nutzung sehr hoch ist (+++), dann ist das Risiko hoch (!!!).

4.1.2 Potentielle Schäden in Siedlung und Infrastruktur

Zur Ermittlung tatsächlicher und potenzieller Betroffenheiten war vorgesehen, die Schäden in den Poldern über die zuständigen Verwaltungen zu erfragen und entsprechend zuzuordnen. Dazu wurden in Sachsen-Anhalt die Verwaltungsgemeinschaften der Anrainer und in Brandenburg die Amtsverwaltungen der Havelanrainer bzw. der potenziell von Sicherungs- und Sanierungsarbeiten betroffenen Gemeinden (z. B. Schwertransporte in Richtung Flutungspolder u. ä.) angeschrieben. Zugleich wurde um einen Gesprächstermin gebeten. Allerdings antwortete keine der angeschriebenen Verwaltungen. Nach telefonischer Rücksprache wurde mitgeteilt, dass seitens der Verwaltungen darüber keine Auskünfte erteilt werden.

Nunmehr war nach einem Instrument zur Ermittlung des potenziellen Kompensationsumfangs im Falle von Überflutungen zu suchen. Dabei wurde auf den sog. „Herstellungskostensatz" zurückgegriffen, welcher aus der Ausgleichsabgabe entstanden ist, die dann zu leisten ist, wenn ein Eingriff nicht ausgleichbar ist. Das Verfahren gilt als rechtlich und fachlich fundiert, sowie nachprüfbar, weil diese Methode auf „harte Daten" zurückgreift. Der Verfahrensansatz orientiert sich an den Kosten, die zur Wiederherstellung der beeinträchtigten Funktion erforderlich wären (fiktiv). Dies gilt für die Planung und für die unmittelbare Durchführung von A/E-Maßnahmen.

Im vorliegenden Falle ist bei der Bewertung von Schäden an der Infrastruktur jedoch davon auszugehen, dass nach einer Wiederherstellung eines Objektes durch bauliche Maßnahmen keine nachfolgenden Beeinträchtigungen oder Wechselwirkungen mit anderen Schutzgütern zu betrachten sind.

Schäden an Straßen und Wegen können bei Hochwasserereignissen durch verschiedene Einflüsse entstehen:

- direkte Überströmung, Schäden durch Erosion
- umfallende Bäume an Böschungen und in der Nähe von Bauwerken durch Ausspülung oder Auftreiben (meist im Zusammenhang mit Windereignissen)
- Schäden bei großen Überstauhöhen durch Auftreiben von Asphaltdecken, nachfolgend Setzungsschäden beim Rückgang des Wassers
- Schäden durch erhöhte Lasten auf nicht dafür ausgebauten Zuwegungen (außerhalb der Polder; zukünftige Schäden nicht kalkulierbar, da dies meist aufgrund der nicht vorhandenen Ortskenntnis fremder Helfer passiert)

- Zerstörung der Wegedecken und des Unterbaus durch Befahren im Überfluteten Zustand bzw. bei im Unterbau anstehenden Wasserständen

Nachdem aus den ATKIS-Daten die für die Polderflächen vorhandenen Wegeverbindungen extrahiert wurden (in der Neuzeller Niederung wurden die Daten durch die Verfasser erhoben), wurde eine Nachkartierung vor Ort durchgeführt. Dabei wurden in den Havelpoldern z. T. erhebliche Veränderungen des Zustandes im Vergleich zum Zeitpunkt vor dem Hochwasser 2002 festgestellt. Ursache dafür war, dass die Gemeinden und Institutionen (z.B. Wasser- und Bodenverbände) umfangreiche Reparaturmaßnahmen durchführten. Teilweise war auch zu verzeichnen, dass Ausbaumaßnahmen (also Umwandlung von unbefestigten Wegen in Asphalt- oder Betonstraßen) erfolgten. Dies hat zur Folge, dass bei einer neuerlichen Überflutung zu vermuten ist, dass der mögliche eintretende Schaden größer wird, als dies 2003 der Fall gewesen ist. Wie bereits beschrieben, ist jedoch dem Ereignis von 2003 kein mit Zahlen zu untersetzender Schaden zuzuweisen, so dass dieser Umstand - im Hinblick auf die Schadenregulierung in wesentlich stärker betroffenen Gebieten - nur eine moralische Kategorie anspricht.

Für die Ermittlung der potenziellen Schäden wurden folgende verschiedene Wegetypen ausgehalten:

- Asphaltstraßen
- Betonformsteinbefestigungen
- Spurbahnplattenwege
- Schotterwege
- unbefestigte Wege

Für diese Typen wurden die im Plangebiet üblichen Breiten ermittelt und im GIS den Wegen zugeordnet. Dadurch entstanden Wegeflächen, die mit den Flutungswasserständen 26,00 und 26,40 müNN (26,50 müNN wurden bei der Flächenermittlung angesetzt) in den Havelpoldern verschnitten werden konnten. In der Neuzeller Niederung wurde dies anhand der überstauten Fläche des Szenarios „ungesteuerte Flutung“ durchgeführt. Bei der Berechnung der Kosten wurde davon ausgegangen, dass der Weg oder die Straße vor der Überflutung in einem Zustand war/ist, der „ordnungsgemäß“ ist, d. h. die Nutzbarkeit entsprechend des Ausbaugrades ist uneingeschränkt gegeben und besondere Schäden sind nicht bekannt.

Ausgehend von den im Zuge von Hochwasserschadenbeseitigungen über Ausschreibungsverfahren ermittelten Preisen (ELLMANN 2004a) wurden für Reparaturen bzw. vollständige Rekonstruktion die in Tab. 4-5 angegebenen Preise je m² Straßen- bzw. Wegefläche angesetzt.

Tab. 4-5: Wiederherstellungskosten für Straßen- und Wegeflächen in Poldern

	Reparatur €/m²	**Rekonstruktion €/m²**
Asphaltstraßen	25,00	40,00
Betonformsteinbefestigungen	25,00	46,00
Spurbahnplattenwege	30,00	48,00
Schotterwege	4,00	8,00
unbefestigte Wege	2,00	2,00

4.1.3 Schäden an Gebäuden und Bauwerken

Havelpolder - Ermittlung der Schadenhöhe nach dem Hochwasser 2002 (Wasserstand 26,00 müNN)

Schäden an Gebäuden und Nebenanlagen sind im Rahmen der Polderflutungen nur in Einzelfällen prognostiziert worden. Eine Übersicht dazu liefert eine Zuarbeit zur Ländervereinbarung über die Flutung der Havelpolder des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Magdeburg aus dem Jahr 1998 (BURKHARDT 1998). Tatsächlich sind im Jahr 2002 nur Schäden an Gebäuden im Polder Vehlgast verzeichnet worden.

Aus diesem Grund kann auf umfangreiche Ausführungen zur Methodik für die Ermittlung von Gebäudeschäden verzichtet werden. Dies gilt auch unter dem Aspekt, dass während des Hochwasserereignisses eine sehr trockene und warme Witterung herrschte, die insbesondere grundwasserbedingte Schäden be-

grenzte. Die Schadendimensionen bewegten sich beim Sommerhochwasser 2002 auf einem Niveau, dass gegenüber den anderen Betroffenheiten nahezu vernachlässigbar sein könnte.

Die als Ergebnis aufgeführten Kosten beruhen auf den Aussagen Betroffener. Eine Überprüfung der Angaben im Einzelnen ist nicht möglich, da unterschiedliche Entschädigungs- oder Erstattungsquellen für den Schadenausgleich (Versicherungen, Sofortzahlungen, Spenden, Hochwasserschadenhilfen) aufgekommen sind und der Schutz der Privatsphäre zu beachten ist. Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass grundwasserbedingter Schaden im Kellerbereich im Mittel mit maximal 8.000€/betroffenes Gebäude anzusetzen ist.

Havelpolder - Ermittlung der Schadenhöhe im Fall einer Flutung bis 26,40 müNN

Grundsätzliches gilt bei einer Flutung bis zum theoretisch maximalen Wasserstand von 26,40 müNN Gleiches wie oben. Es sind auch in diesem Fall nur bauliche Anlagen im Polder Vehlgast direkt betroffen. Abschätzungen über grundwasserbedingte Schäden sind unter extremen Bedingungen, wie:

- lang anhaltendes Hochwasser
- hohe Grundwasserstände vor und während der Flutung
- niedrige Evapotranspiration
- starke Niederschläge

nicht möglich, da auch Siedlungen am Rand der Überflutungsaue beeinträchtigt sein können. Derartige Aussagen können jedoch nur mit detaillierten Kenntnissen über die lokale Strömungsdynamik und über die Geländemorphologie fundiert erarbeitet werden. Aus diesem Grund muss sich auch hier auf die Bebauung im Polder Vehlgast beschränkt werden.

Schäden durch Wassereintritte in Kellerräumen im Umfeld der Flutungspolder sind nicht im Einzelnen bestimmbar und können nicht in jedem Fall mit Sicherheit der Polderflutung zugeordnet werden. Zudem sind nach dem Hochwasser 2002 keine grundwasserbedingten Schäden an den Bauhüllen verzeichnet worden. Die Gründungsbauweisen an der überwiegenden Zahl der Gebäude sind derart gestaltet, dass keine nennenswerten Auftriebskräfte oder andere bodenmechanischen Belastungen möglich sind. Zudem wurden alle Häuser mit einem Baujahr vor 1900 bereits mehrmals von großen Hochwassern beansprucht. In der Regel beschränken sich hier die Schäden auf feste Einbauten im Kellerbereich (Heizung, Wasserpumpen u. ä.), die im Vorfeld der Flutung nicht aus Gefahrenbereich beräumt werden können.

Die Ermittlung der betroffenen Gebäude mit Hilfe der Verschneidung von Relief- und ATKIS-Daten ist nicht möglich, da die Genauigkeit der zur Verfügung stehen Höhenangaben nicht den Erfordernissen entspricht.

Die möglichen Schäden werden somit bei einer Flutungshöhe von 26,40 müNN ebenfalls empirisch ermittelt und bewertet. Die Betroffenheiten werden auf der Grundlage eines bestehenden Höhenmodells vom Polder Vehlgast (ELLMANN 2004b) hergeleitet.

Neuzeller Niederung

Ein vergleichbarer, hochwasserbedingter Schadenfall in der Neuzeller Niederung kann zur Einschätzung oder Kalibrierung möglicher künftiger Betroffenheiten nicht herangezogen werden. Demzufolge ist ein Ansatz zu wählen, der im Fall einer Widmung der Neuzeller Niederung zu einem Flutungspolder, Gebäudeschäden ausschließt. Es ist davon auszugehen, dass bei Realisierung aller für die Nutzung der Niederung als Entlastungsraum erforderlichen Voraussetzungen, eine vollständige Beanspruchung, d. h. die Erreichung eines höchstmöglichen Flutungsniveaus bei extremen Oderhochwassern eintreten wird.

Eine Aufrechterhaltung der Nutzung von Teilarealen als Siedlungs- bzw. siedlungsähnlicher Standort, so auch Kleingartensiedlungen, ist deshalb unrealistisch.

Die im Rahmen des Projektes untersuchten Varianten enthalten 2 unterschiedliche Deichverläufe, die verschiedene Flächen zur Nutzung der Niederung als Flutungspolder beanspruchen. Es wird im Weiteren

angenommen, dass bei einer Flutung der Niederung, die im Szenario für das Hochwasser 1997 ermittelten Wasserstände erreicht werden.

Für beide Deichtrassierungsvarianten wurden vom Luftbild die Anzahl der Häuser, Wochenendhäuser und Geräteschuppen (Lauben, Bungalows) ausgezählt, die sich innerhalb potenzieller Überflutungsgrenzen befinden. Zur Ermittlung einer durchschnittlichen Parzellengröße wurden die Grenzen der einzelnen Siedlungsflächen aus dem Luftbild kartiert und deren Flächen summiert. Nach Division durch die Anzahl der ermittelten Grundstücke ergab sich eine durchschnittliche Größe der Grundstücke von ca. 530m².

Erfahrungsgemäß ist der Rückbau von privatem Gebäude- und Anlageneigentum nur mittels Entschädigung oder äquivalentem Ersatz möglich. Eine theoretisch mögliche Enteignung auf der Grundlage des übergeordneten gesamtgesellschaftlichen Interesses ist in der Regel nur begrenzt praktikabel, da langwierige Prüfungen verschiedener Rechtsauffassungen zu erwarten sind. Üblicherweise werden die rechtlichen Belange im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens auf der Basis des Wassergesetztes behandelt und geregelt.

Das Grundstück wird entsprechend seiner Flächengröße anhand eines angemessenen Preises pro Quadratmeter (aktueller Verkehrswert) ermittelt. Der verwendete Wert bezieht sich auf eine Auskunft der Geschäftsstelle des Gutachterausschusses des Landkreises Oder-Spree. Für die baulichen Anlagen wird ein mittelgroßes Wochenendhaus, massiv und nach durchschnittlichem baulichen Standards errichtet, angesetzt. Zuzüglich wird, den örtlichen Gegebenheiten angepasst, ein Geräteschuppen ohne Besonderheiten eingerechnet.

Als Abschreibungsbetrag für die Gebäude wird eine 40 %-ige Reduzierung von einem vergleichbaren Neubau bestimmt. Die Kosten für die Erschließung der als Ersatz dienenden Gartenanlage werden insgesamt auf den Gesamtwert der Gebäude aufgeschlagen. Für die Bepflanzung werden die Kosten einer Neueinrichtung bemessen.

4.2 Untere Havelniederung

4.2.1 Ergebnisse der Ökologische Risikoanalyse

Die einzelnen Polder besitzen aufgrund ihrer Strukturen, Höhen-, Wasser- und Bodenverhältnisse unterschiedliche Nutzungen. Eine detaillierte Beschreibung der in den Poldern vorkommenden Biotoptypen enthält Anlage 4.1.

Nachfolgend werden die einzelnen Polder hinsichtlich ihrer Biotopausstattung charakterisiert und Flächenanteile der Risikoklassen für die beiden Hochwasserszenarios dargestellt.

Eine weitere Aufgliederung der Biotop- und Nutzungstypen je Polder findet sich in der Anlage 4.2 ebenso wie eine kartografische Darstellung auf den Karten 4.4a-g.

Polder Warnau

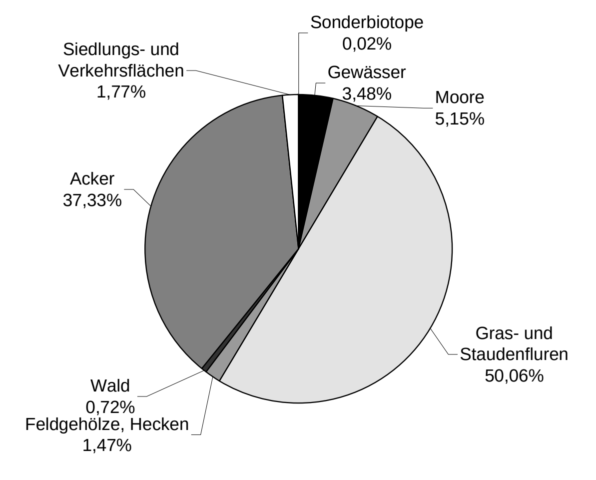


Abb. 4-1: Anteile der Biotoptypen im Polder Warnau

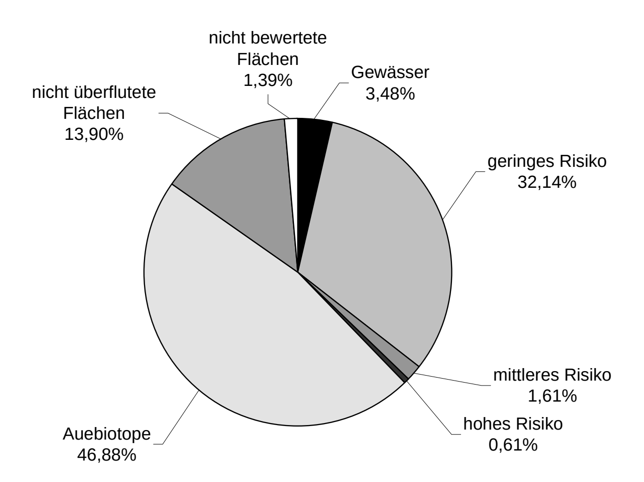


Abb. 4-2: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

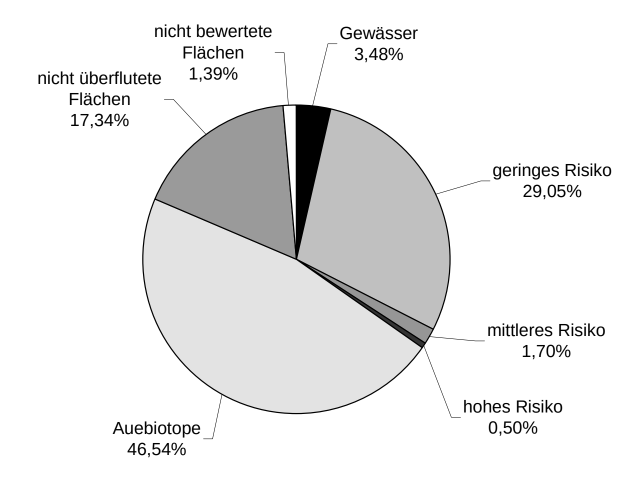


Abb. 4-3: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002

Polder Havelberg

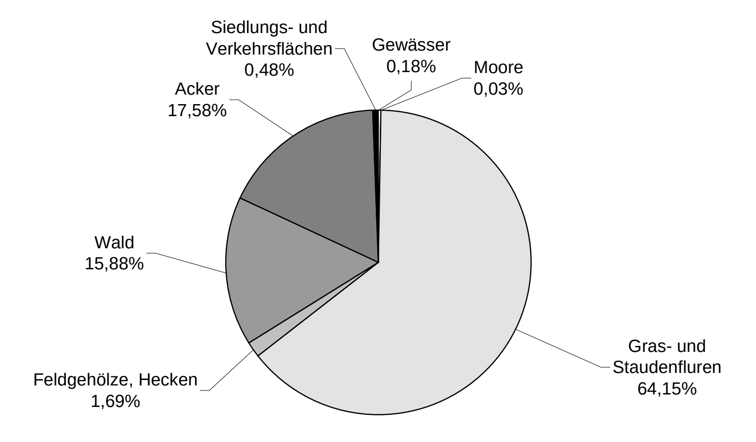


Abb. 4-4: Anteile der Biotoptypen im Polder Havelberg

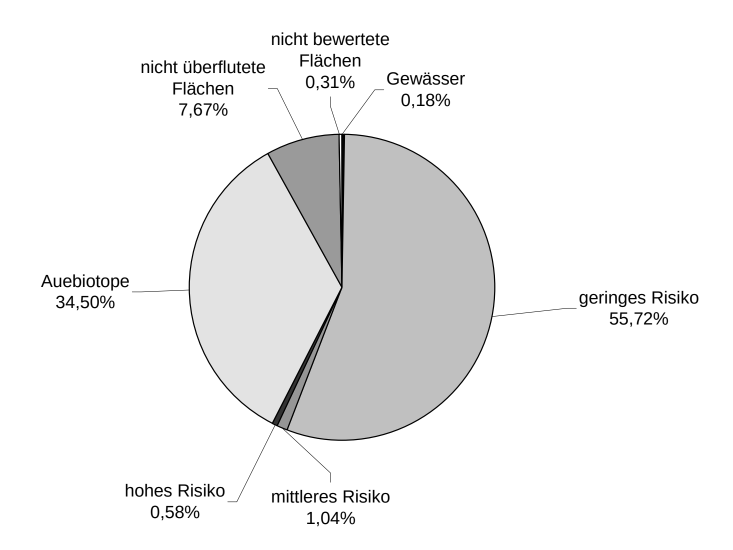


Abb. 4-5: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

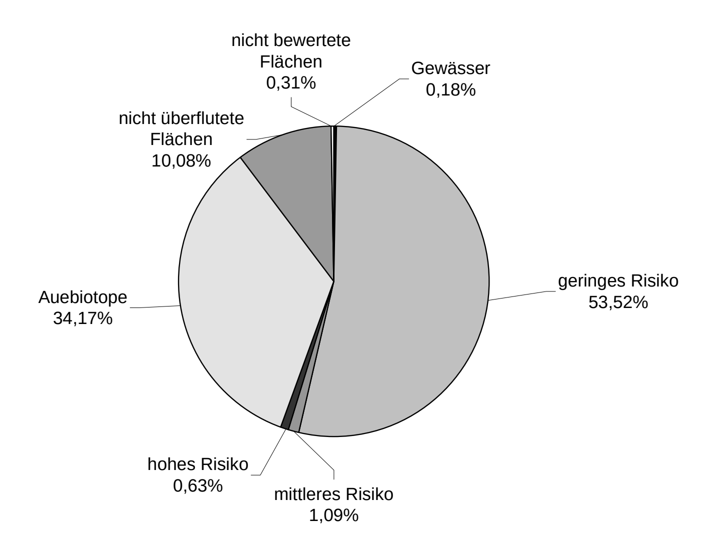


Abb. 4-6: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002

Polder Kümmernitz

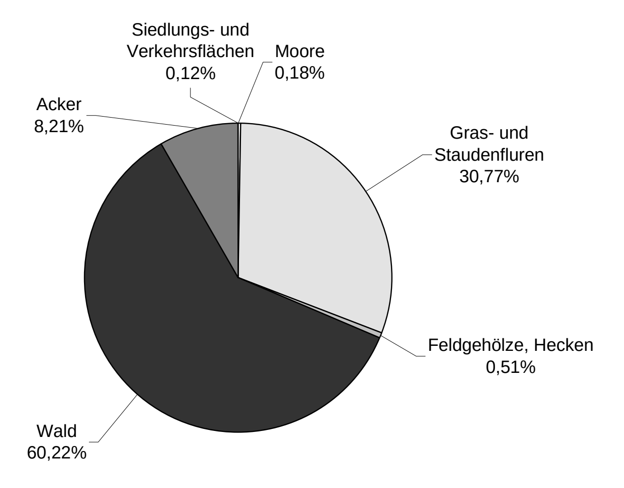


Abb. 4-7: Anteile der Biotoptypen im Polder Kümmernitz

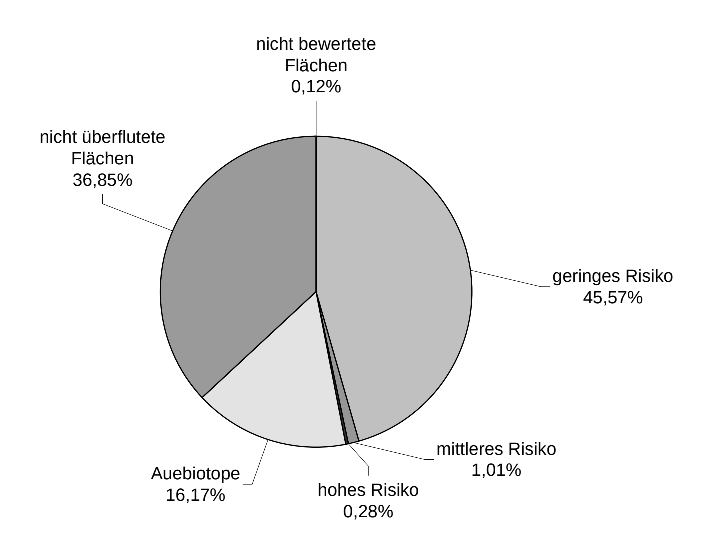


Abb. 4-8: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

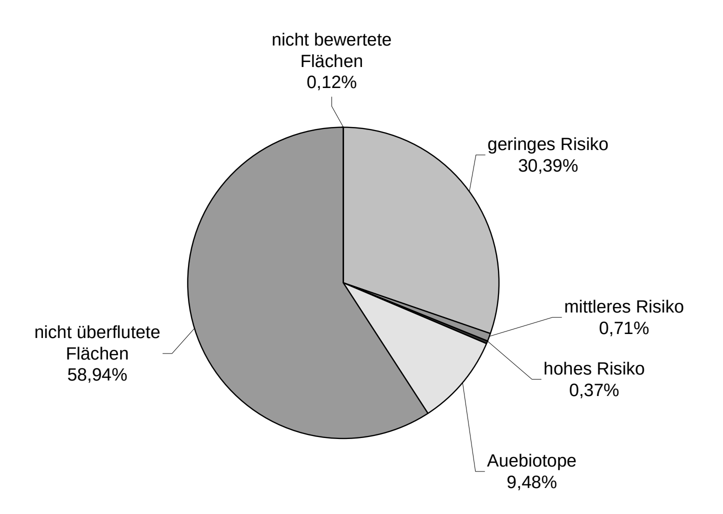


Abb. 4-9: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002

Polder Vehlgast

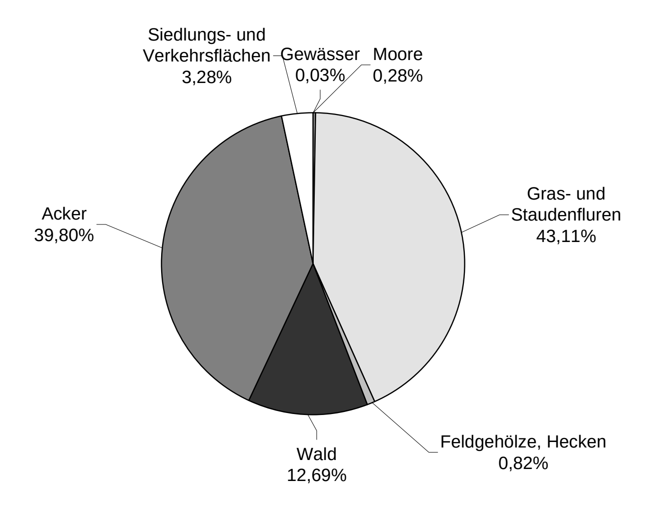


Abb. 4-10: Anteile der Biotoptypen im Polder Vehlgast

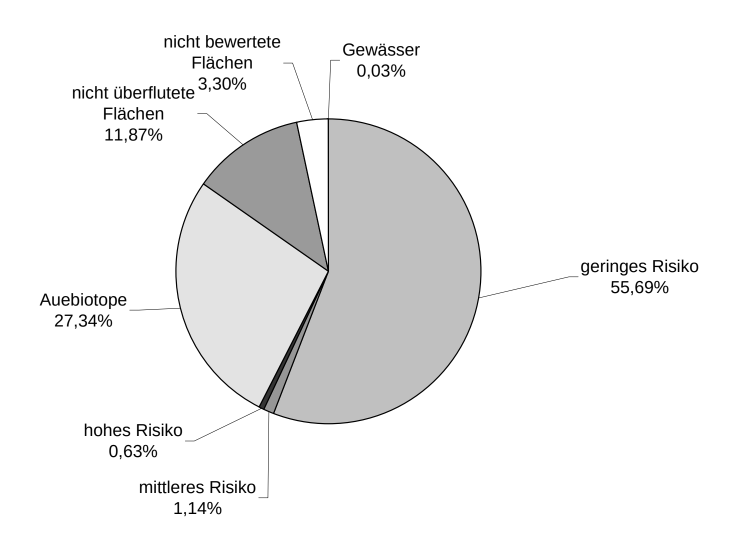


Abb. 4-11: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

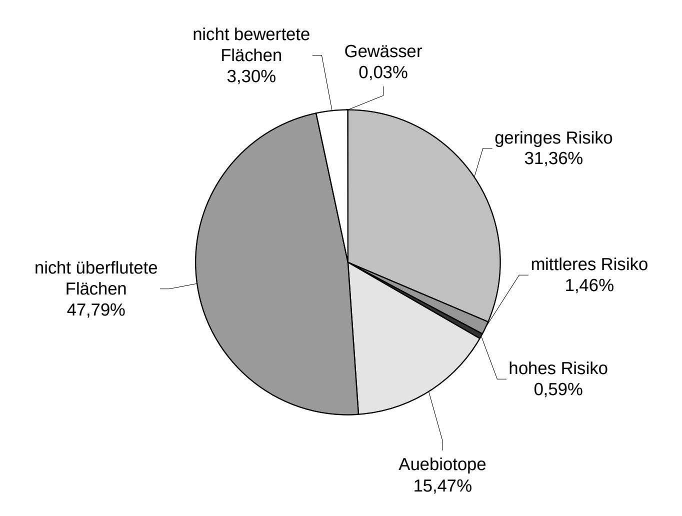


Abb. 4-12: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002, der Polder Vehlgast wird durch die Straße Vehlgast - Klein Damerow zweigeteilt, nur für den östlichen Teil liegen Pegeldaten und somit auch Flächenbetroffenheiten vor, deshalb ist in dem Anteil "nicht überflutete Flächen" auch der westliche Teil des Polders Vehlgast enthalten

Polder Twerl-Schafhorst

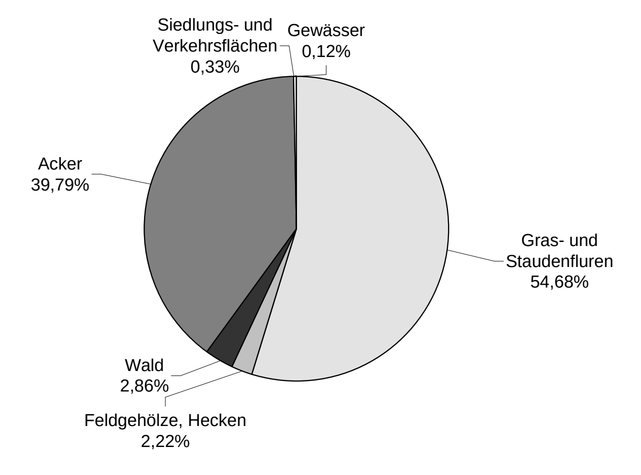


Abb. 4-13: Anteile der Biotoptypen im Polder Twerl-Schafhorst

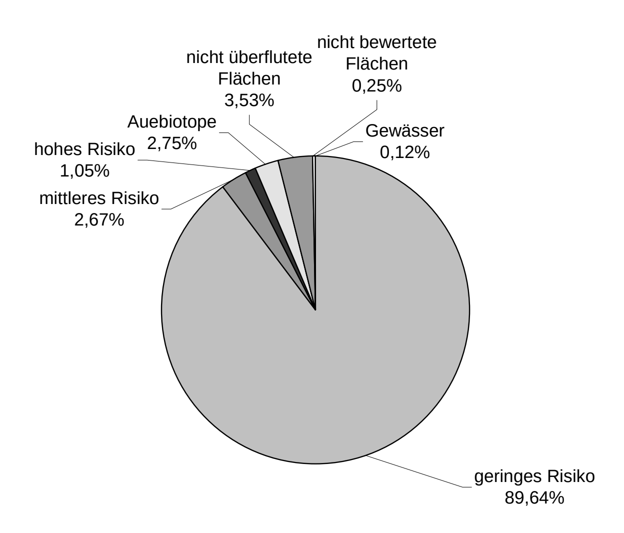


Abb. 4-14: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

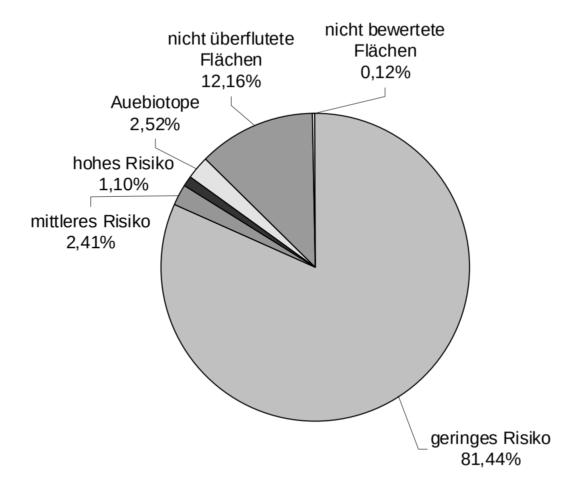


Abb. 4-15: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002

Polder Großer Graben

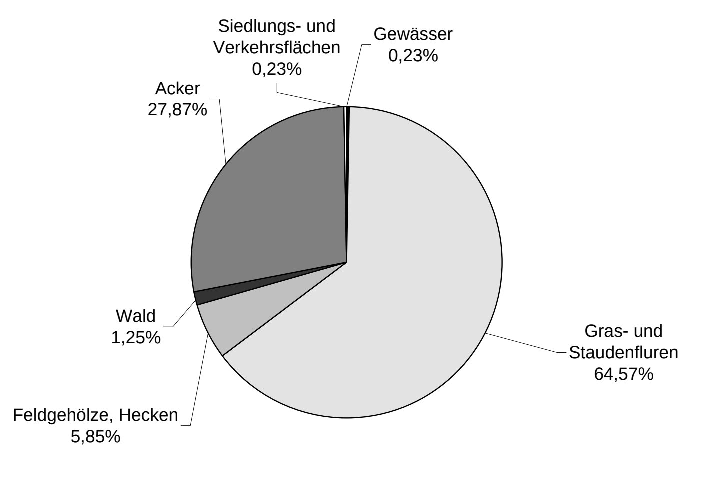


Abb. 4-16: Anteile der Biotoptypen im Polder Großer Graben

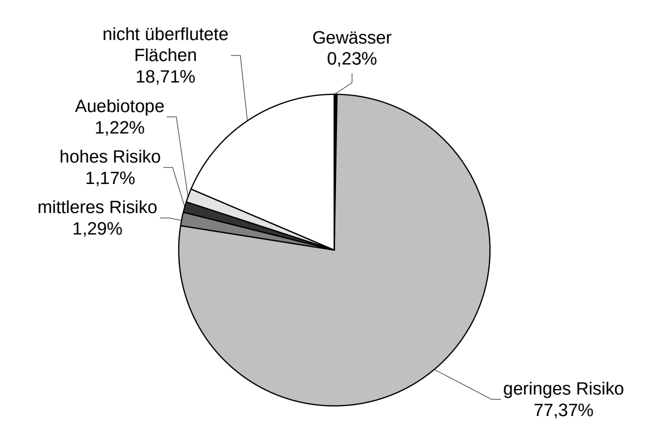


Abb. 4-17: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

Polder Flöthgraben

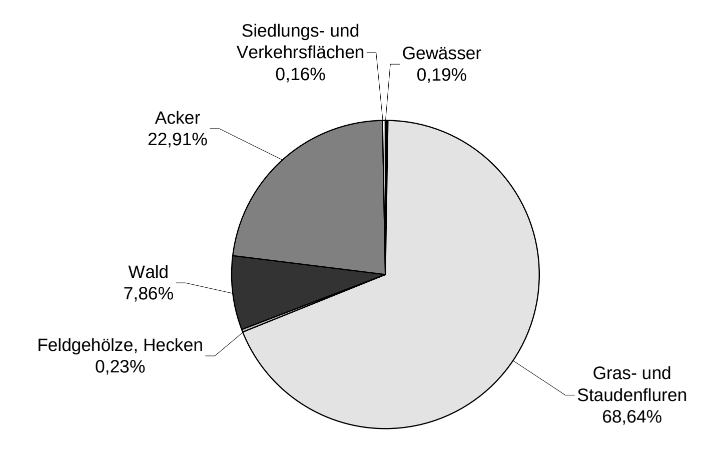


Abb. 4-18: Anteile der Biotoptypen im Polder Flöthgraben

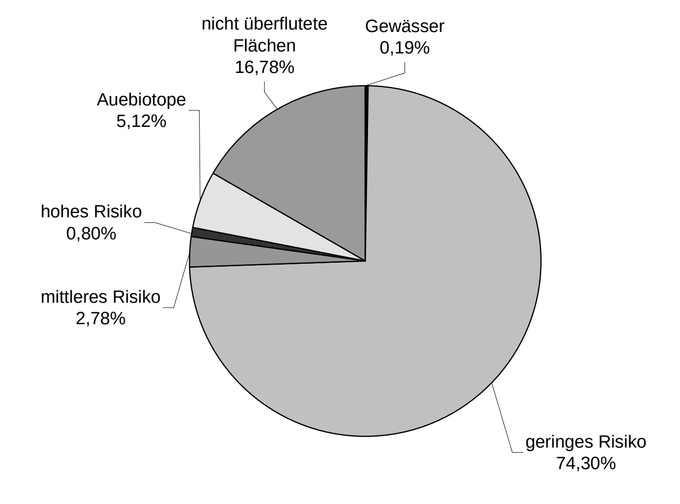


Abb. 4-19: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche für das Extrem-Hochwasser

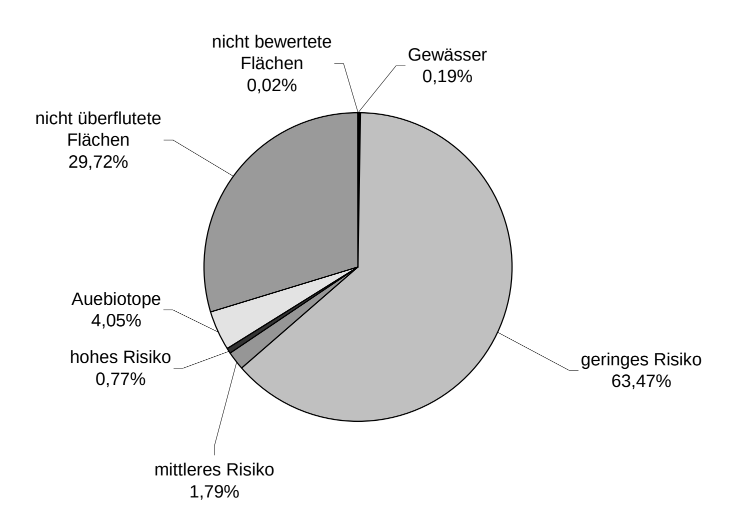


Abb. 4-20: Risiko, gestaffelt nach Überflutungsdauer für das Hochwasser 2002

4.2.2 Potenzielle Wiederherstellungskosten von Infrastruktur

4.2.2.1 Straßen und Wege

Im Folgenden sind die bei einem Wasserstand von 26,00 müNN bzw. 26,40 müNN überfluteten Wege (siehe Karten 4.5a-g) und anzunehmende Reparatur- bzw. Rekonstruktionskosten dargestellt.

Polder Warnau

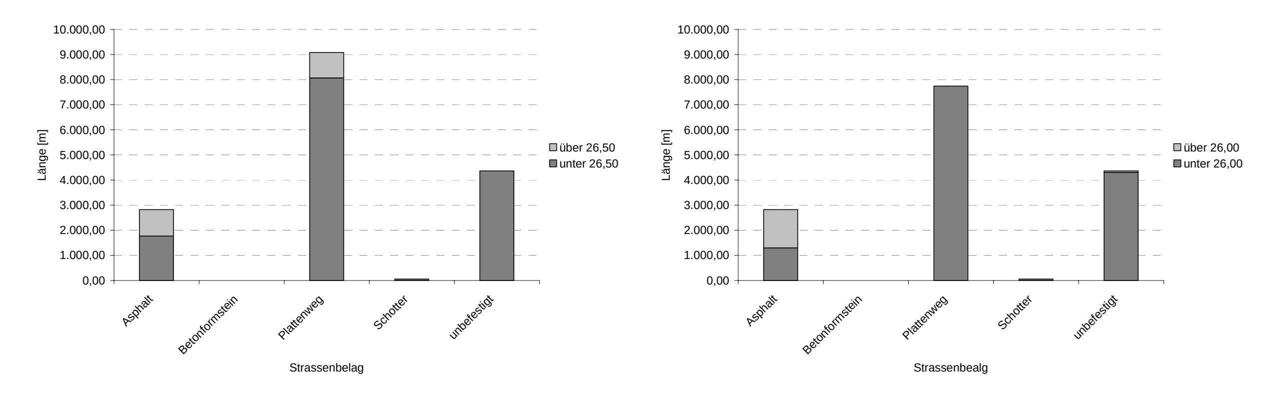


Abb. 4-21: Polder Warnau, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

Abb. 4-22: Polder Warnau, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

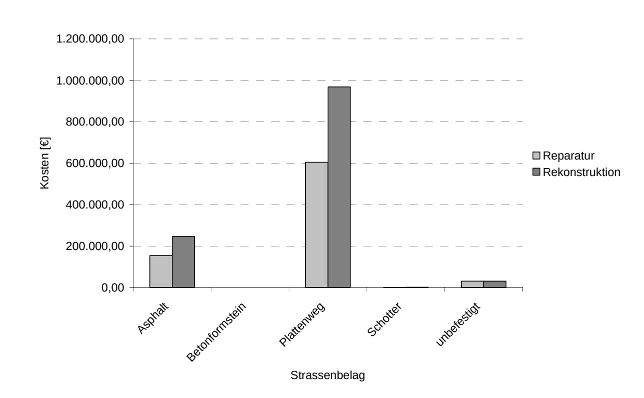


Abb. 4-23: Polder Warnau, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

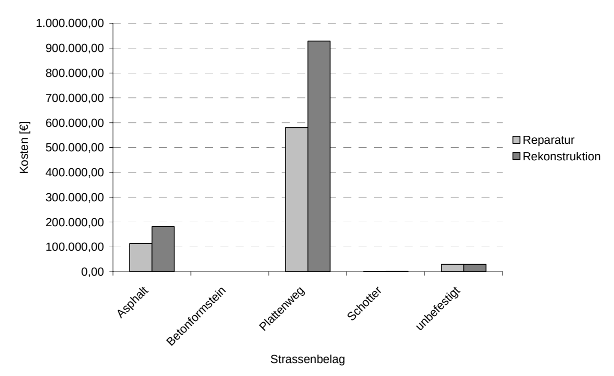


Abb. 4-24: Polder Warnau, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Havelberg

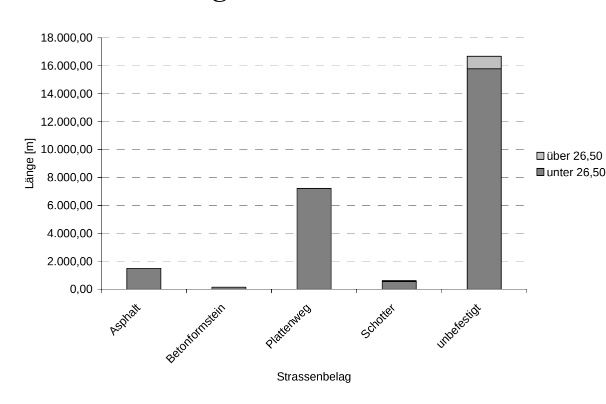


Abb. 4-25: Polder Havelberg, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

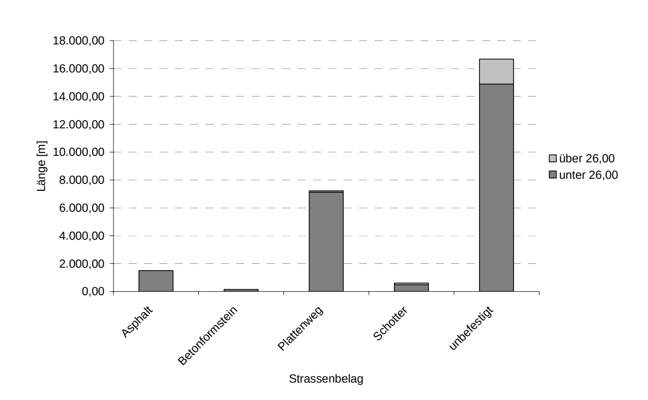


Abb. 4-26: Polder Havelberg, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

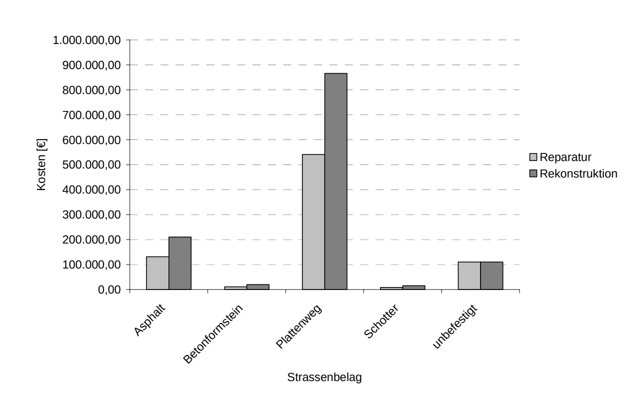


Abb. 4-27: Polder Havelberg, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

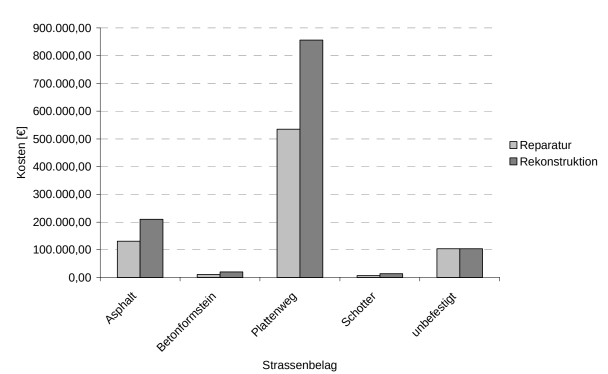


Abb. 4-28: Polder Havelberg, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Kümmernitz

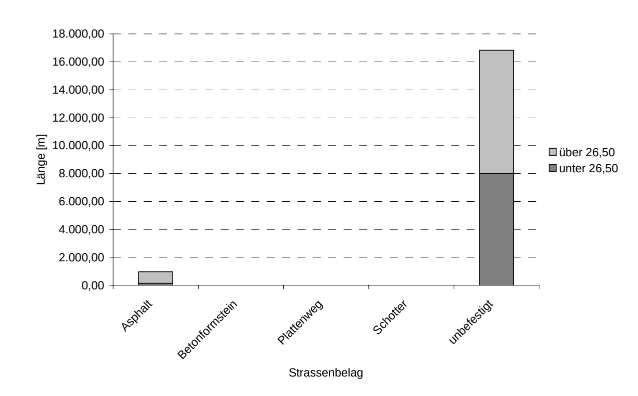


Abb. 4-29: Polder Kümmernitz, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

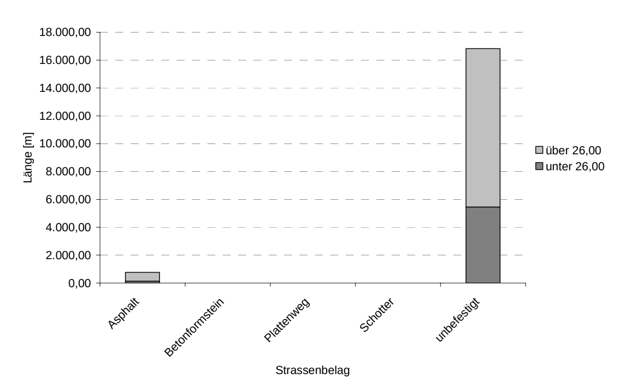


Abb. 4-30: Polder Kümmernitz, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

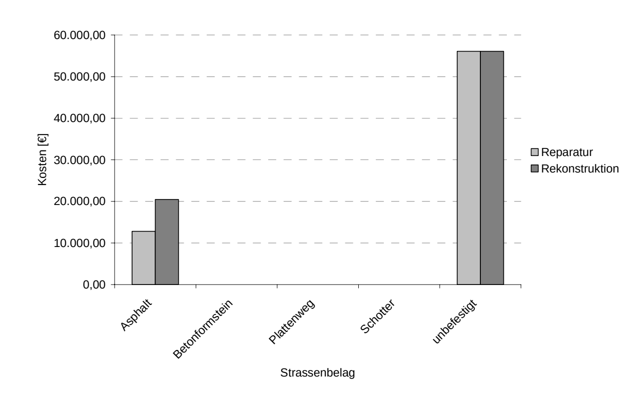


Abb. 4-31: Polder Kümmernitz, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

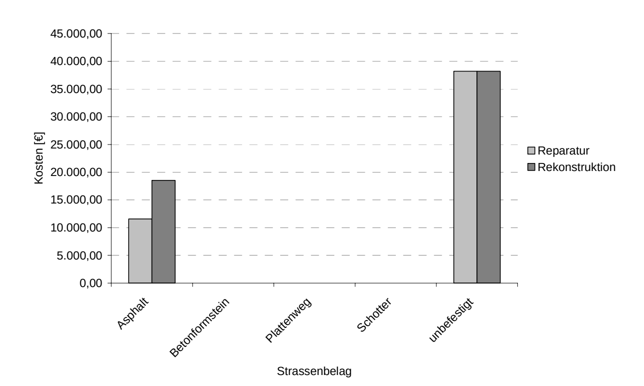


Abb. 4-32: Polder Kümmernitz, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Vehlgast

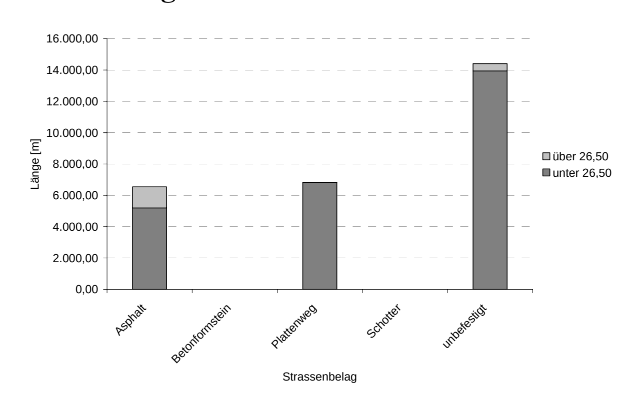


Abb. 4-33: Polder Vehlgast, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

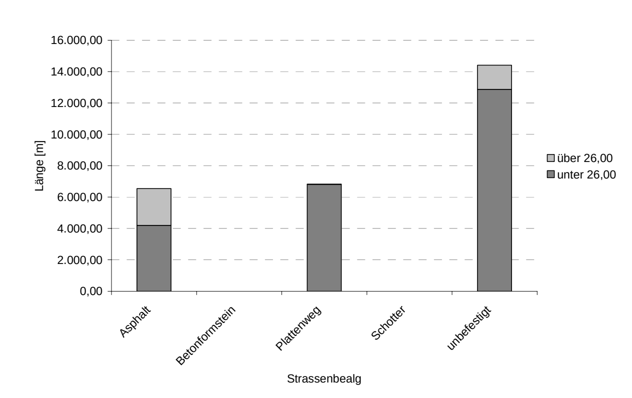


Abb. 4-34: Polder Vehlgast, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

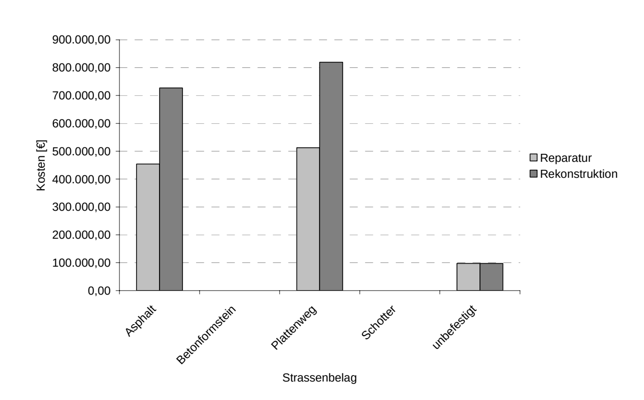


Abb. 4-35: Polder Vehlgast, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

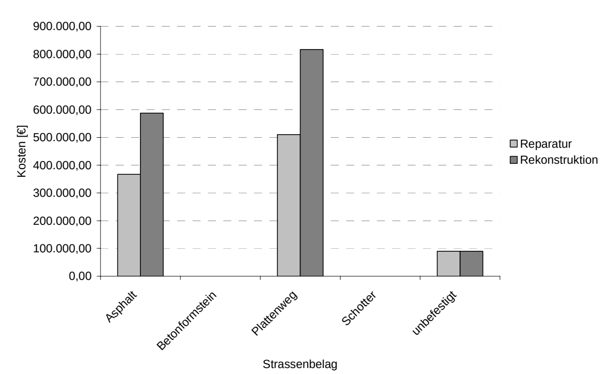


Abb. 4-36: Polder Vehlgast, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Twerl-Schafhorst

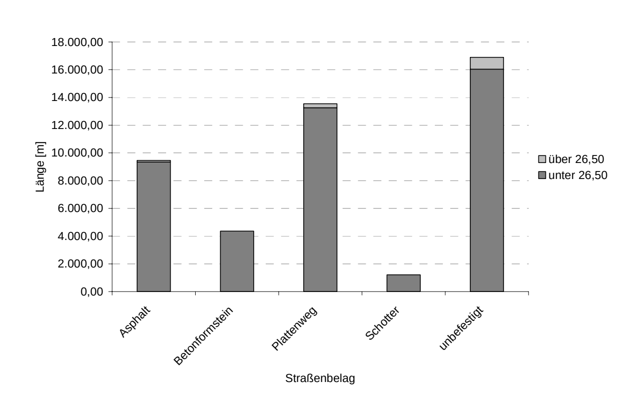


Abb. 4-37: Polder Twerl-Schafhorst, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

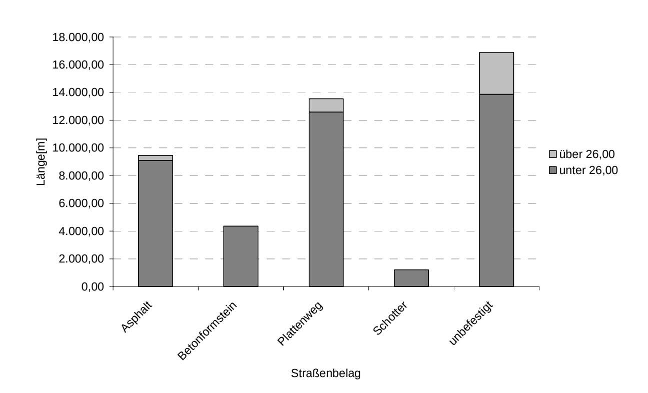


Abb. 4-38: Polder Twerl-Schafhorst, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

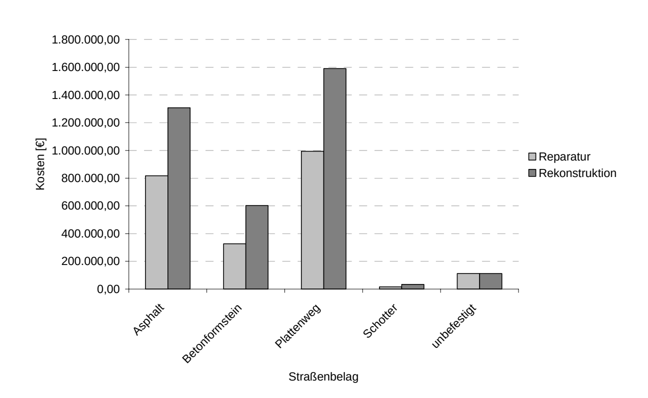


Abb. 4-39: Polder Twerl-Schafhorst, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

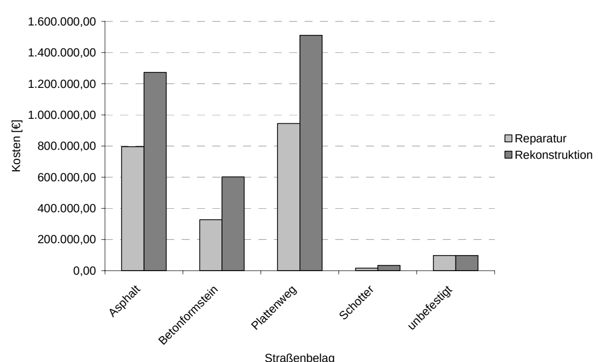


Abb. 4-40: Polder Twerl-Schafhorst, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Großer Graben

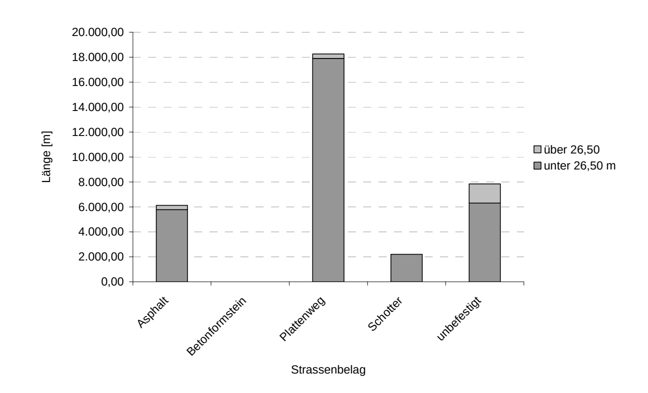


Abb. 4-41: Polder Großer Graben, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

Abb. 4-42: Polder Großer Graben, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

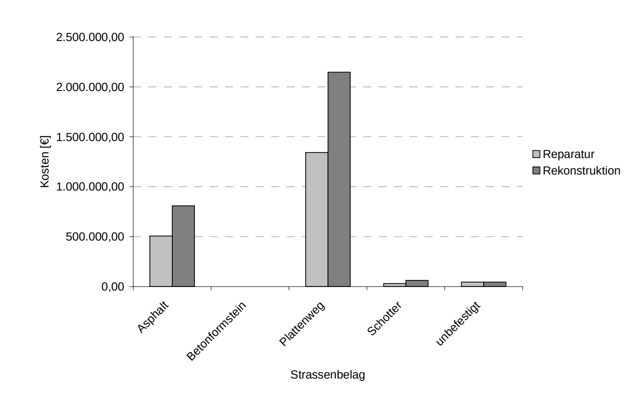


Abb. 4-43: Polder Großer Graben, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

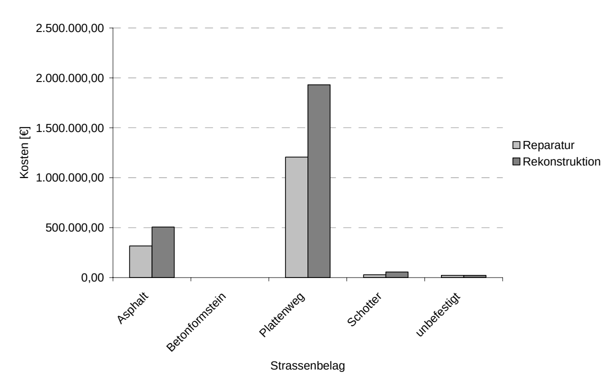


Abb. 4-44: Polder Großer Graben, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

Polder Flöthgraben

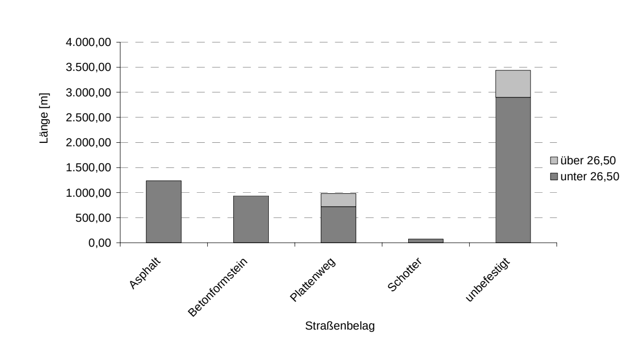


Abb. 4-45: Polder Flöthgraben, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

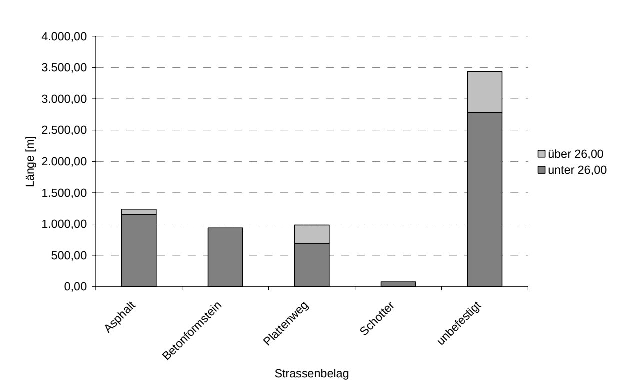


Abb. 4-46: Polder Flöthgraben, überflutete Wege bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

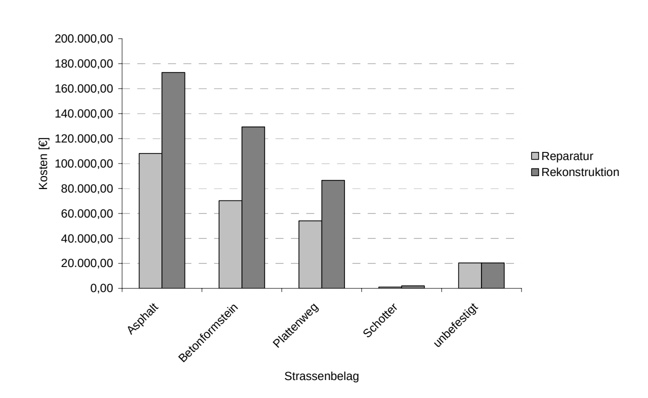


Abb. 4-47: Polder Flöthgraben, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,50 müNN

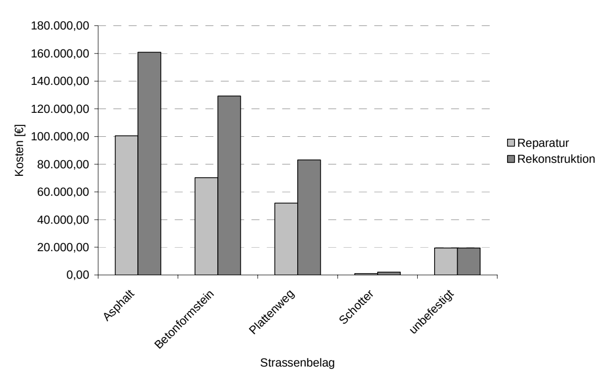


Abb. 4-48: Polder Flöthgraben, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei einem Wasserspiegel von 26,00 müNN

4.2.2.2 Gebäude und Anlagen

Schadenhöhe nach dem Hochwasser 2002 (Wasserstand 26,00 müNN)

Für die Ortslage Vehlgast wurden für das Ereignis 2002 die nachstehenden Schäden an Gebäuden festgestellt bzw. geschätzt.

Wohnbereich

2 Häuser — Schaden ca. 70,0 T€

Kellerbereich

4 Häuser — Schaden ca. 24,0 T€

In den Ortslagen Damerow und Kleindamerow sind keine Wohnbereiche (Erdgeschosse) beim Sommerhochwasser 2002 betroffen worden.

Kellerbereich

6 Häuser — Schaden ca. 32,0 T€

Die geringen Betroffenheiten in den Kellerbereichen sind den günstigen klimatischen Verhältnissen im August 2002 geschuldet. Bei ungünstigeren Randbedingungen erhöht sich der Anteil beeinträchtigter Kellerbereiche vermutlich auf die 2- bis 3-fache Anzahl, so dass der Schaden hier auf etwa 100 bis 150 T€ ansteigen wird.

Darüber hinaus erfolgte zumindest eine teilweise Überflutung der Stallanlage der Havelland GbR. Aufgrund der Bauart sind jedoch keine Bauschäden in größerem Umfang zu erwarten.

Schadenhöhe im Fall einer Flutung bis 26,40 müNN

Bei einer Flutung bis 26,40 müNN ist ohne Hochwasserschutzmaßnahmen mit zusätzlichen Gebäudebeeinträchtigungen an 3 – 5 Häusern zu rechnen. Demzufolge würden sich die Schäden im Wohnbereich auf 170 – 240 T€ erhöhen. Eine Steigerung der Schadenhöhe im Kellerbereich von 150 T€ ist dagegen nicht zu erwarten.

Nach KÜRSCHNER (2003)[13] sind jedoch im Polder Vehlgast Hochwasserschutzmaßnahmen in Vorbereitung, die eine wesentliche Verbesserung des Schutzes der Einwohner und deren Eigentums bei einer Polderflutung beinhalten. Diese Maßnahmen sind dazu geeignet, die Schäden an Gebäuden erheblich zu reduzieren bzw. ganz auszuschließen.

4.3 Neuzeller Niederung

4.3.1 Ergebnisse der Ökologische Risikoanalyse

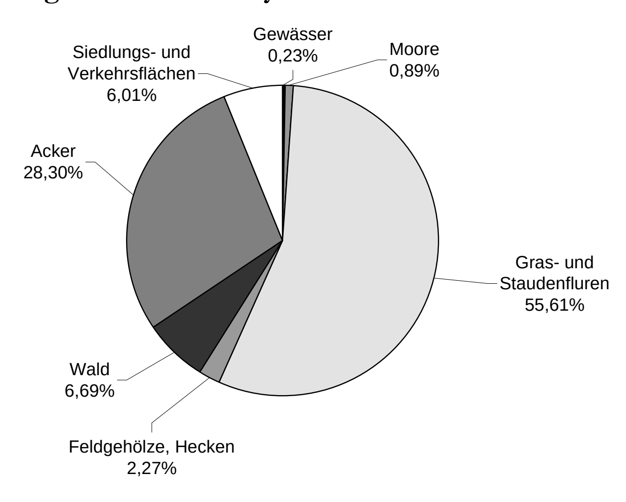


Abb. 4-49: Anteile der Biotoptypen in der Neuzeller Niederung (siehe Karte 4.4h)

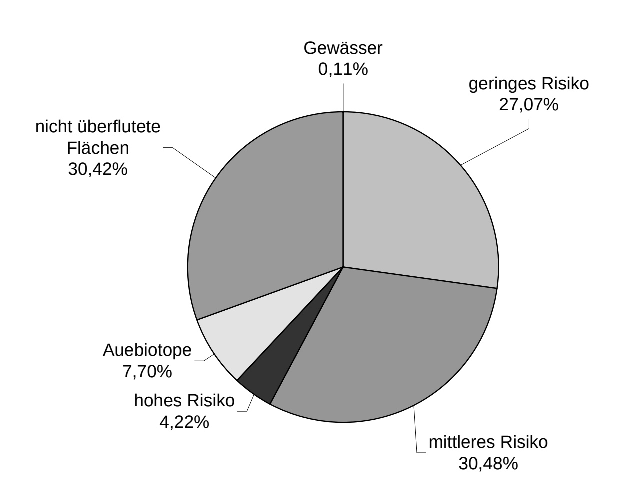


Abb. 4-50: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche, Deichvariante 1 (gesteuert)

[13] Kürschner, R. (2003): Hochwasserschutzplanung an der Unteren Havel, mündliche Mitteilung 08/2003

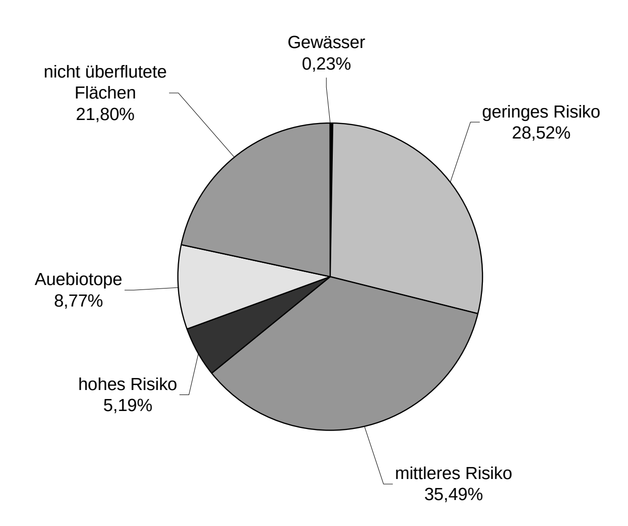


Abb. 4-51: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche, Deichvariante 2 (gesteuert)

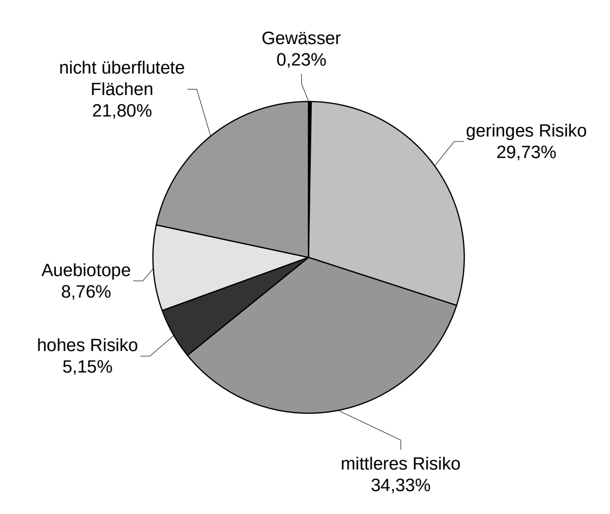


Abb. 4-52: Diagramm: Flächenanteile der verschiedenen ökologischen Risiken unter Betrachtung der Überflutungsdauer bezogen auf die Polderfläche, Deichvariante 2 (ungesteuert)

4.3.2 Potenzielle Wiederherstellungskosten von Infrastruktur

4.3.2.1 Straßen und Wege

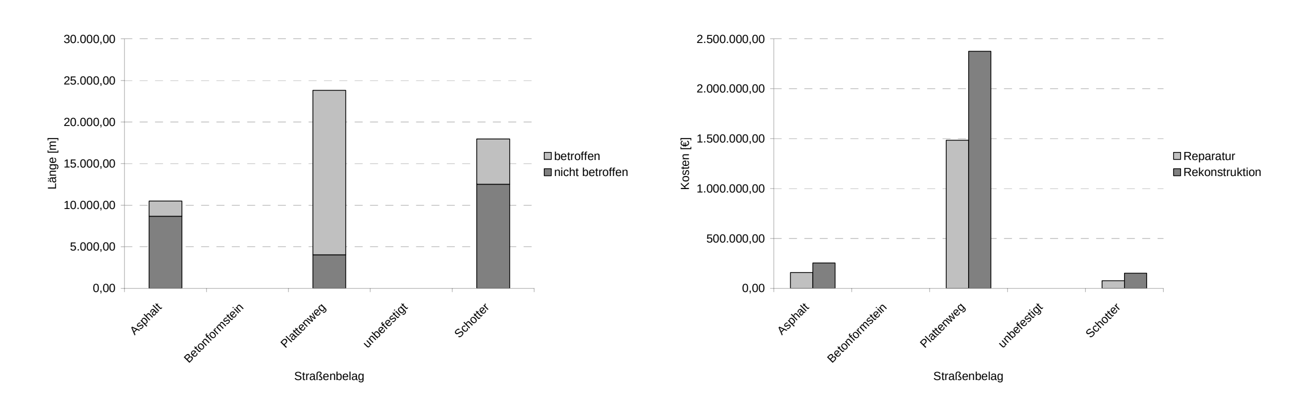


Abb. 4-53: Neuzeller Niederung, betroffene Wege bei Überflutung (siehe Karte 4.5h)

Abb. 4-54: Neuzeller Niederung, Reparatur- und Rekonstruktionskosten bei Überflutung

4.3.2.2 Gebäude und Anlagen

Bei der Verwendung der nachfolgend genannten Summen ist zu beachten, dass es sich um Mittelwertsbildungen handelt. Die realen Kosten können durch die hohe Parzellenanzahl erheblich davon abweichen.

Deichvariante 1

Anzahl der eingeschlossenen Grundstücke	218
Anzahl der eingeschlossenen Gebäude	218
Kosten für den Ersatz / Entschädigung der Grundstücke	924.320,00 €
Kosten für den Ersatz / Entschädigung der Gebäude	5.493.600,00 €
Kosten zur Neueinrichtung der Gärten	784.800,00 €
Gesamt	7.202.720,00€

Deichvariante 2

Anzahl der eingeschlossenen Grundstücke	495
Anzahl der eingeschlossenen Gebäude	480
Kosten für den Ersatz / Entschädigung der Grundstücke	2.098.800,00€
Kosten für den Ersatz / Entschädigung der Gebäude	12.096.000,00€
Kosten zur Neueinrichtung der Gärten	1.782.000,00€
Gesamt	15.976.800,00€

4.4 Diskussion

4.4.1 FFH-Relevanz

In der Unteren Havelniederung existieren neben einer Vielzahl von nach Landesnaturschutzrecht ausgewiesenen Schutzobjekten (LSG Westhavelland, Naturpark Westhavelland, LSG Untere Havel, NSG Untere Havel Nord i. V.) auch Gebiete mit internationalem Schutzstatus. So wurde im Jahre 1978 das damalige verbliebene rund 5.800 ha große Deichvorland beiderseits der Havel zwischen Hohennauen und Havelberg auf dem Gebiet der heutigen Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt auf Grundlage der UNESCO-Konvention zum „Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wat- und Wasservögel, von internationaler Bedeutung" als Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung (RAMSAR-Gebiet) „Untere Havel" ausgewiesen. Das FIB „Untere Havel/Gülper See" gehört zu den 7 Flussauen-Feuchtgebieten Europas, die als RAMSAR-Gebiete benannt sind und neben den Gewässern Teile ihrer Auen einschließen. Es ist aufgrund seiner Naturausstattung, seiner biologischen Diversität und seines ökologischen Zustandes das Gebiet mit dem höchsten Grad an Naturnähe unter den deutschen RAMSAR-Gebieten in Flussauen[14]. Es erfüllt als Niederung eines Tieflandflusses die entscheidenden Auswahlkriterien der RAMSAR-Konvention hinsichtlich der Repräsentanz und Einzigartigkeit und des Wertes für den Erhalt von Pflanzengesellschaften und Tierpopulationen (einschließlich zahlreicher bedrohter) am vollkommensten. Darüber hinaus treffen auch die Kriterien für das Vorkommen der Wasser- und Watvögel regelmäßig zu. Trotz der anthropogenen Eingriffe ist der Grad der Beeinträchtigung und Störung natürlicher Prozesse relativ gering. Dies ist u. a. den vergleichsweise schonenden Landnutzungsformen im FIB und dessen Umland zu verdanken, die langfristig bestanden und seit 1990 mit flächendifferenzierten Vorgaben und Extensivierungsprogrammen gesichert werden.

Mittel- und langfristig ist eine deutliche Ausdehnung natürlicher und naturnaher Lebensräume vorgesehen. Das betrifft insbesondere die schrittweise Wiederherstellung dynamischer Abläufe und Strukturen in Gewässern und Auen. Dazu gehören die Havel im naturnahen Flussbett, verbunden mit der Wiederzulassung natürlicher Wasserstandsschwankungen, wie Überschwemmungen und Flachwasserphasen, der Wiederanschluss abgetrennter Auenbereiche und die Anpassung der Landnutzung an die natürlichen Standortverhältnisse.

Das mehrere Polder auf Brandenburger Seite einschließende FFH-Gebiet Nr. 254 Dosseniederung (beinhaltet auch das NSG Dosseniederung i. V. mit ca. 2.800 ha) mit einer Gesamtgröße von ca. 3.915 ha weist folgende zu schützende Lebensräume und Arten aus:

- Erlen- und Eschenwälder an Fließgewässern,
- Moorwälder,
- Brenndolden-Auenwiesen,
- Feuchte Hochstaudenfluren,
- Magere Flachland-Mähwiesen,
- Natürliche eutrophe Seen.
- Elbebiber (*Castor fiber albicus*)
- Fischotter (*Lutra lutra*)

Nach den Flutungen des Jahres 2002 kam es durchaus auch zu Schädigungen des Baumbestandes (wahrscheinlich auch der daran gebundenen Tierarten) oben genannter FFH-Lebensraumtypen. Allerdings ist eine Thematisierung und „enge" Auslegung der hier benannten Schutzziele nicht angebracht, da sowohl Lebensräume als auch Zielarten „wassergeprägt" sind. Schädigungen an Moorwäldern, z.B. durch flächigen Ausfall der Schwarzerle nach der Sommerflutung, sollten somit eher auf den aktuell „falschen" Wasserhaushalt und die nicht standortgerechte Bestockung zurückgeführt werden. Eine Diskussion zur FFH-Relevanz von Polderflutung soll somit nicht weiter geführt werden.

[14] Buchta, R.: mündliche Mitteilung, 2003

4.4.2 „Ökologische Flutung“

Wie bereits oben beschrieben ist eine sog. „Ökologische Flutung“ von Polderflächen nicht unumstritten. Dabei existieren zwei grundsätzlich verschiedene Meinungen:

- Meinung 1: Bei Flutungen, die nur nach extremen Naturereignissen notwendig sind, treten zwar aus wirtschaftlicher und aus ökologischer Sicht fast flächendeckend Schäden in den Poldern ein, diese sind jedoch auf den Nutzflächen durch einmalige Zahlungen auszugleichen. Die notwendigen Zahlungen sind, auf die großen Wiederkehrintervalle gerechnet, wesentlich geringer als dauerhaft auszugleichender Entzug von landwirtschaftlicher Nutzfläche. Zudem ergeben sich Probleme bei den Bewirtschaftern, die bis zur Betriebsaufgabe führen können.
- Meinung 2: Die Polder sollen neben dem Hochwasserschutz vor allem dem Naturschutz dienen. Die hier vorhandenen Reste der ehemals riesigen Niedermoorkomplexe sind zu schützen. Gleichzeitig wird ein Beitrag zum Landschaftswasserhaushalt geleistet. Gerade dadurch, dass die Wiederkehrintervalle relativ lang sind, ist der Beitrag zum Wasserhaushalt entsprechend groß. Wenn die niedrigsten Flächen der Polder, die in der Regel auch durch Niedermoorauflagen gekennzeichnet sind, so extensiviert oder aus der Nutzung genommen werden, dass durch gesteuerte Flutung ein Umbau der Biozönose erfolgt, ist damit zu rechnen, dass bei einer Flutung im „Bedarfsfalle“ in diesen Bereichen eine Anpassung vorhanden ist, die erstens das ökologische Risiko und zweitens das finanzielle Risiko für die Bewirtschafter minimiert.

Die Lösung dieses Konfliktes kann nur in einem Kompromiss liegen, der neben den wirtschaftlichen Gesichtspunkten und den Zielen des Arten und Biotopschutzes auch die naturräumlichen Gegebenheiten berücksichtigt. Zielführend muss dabei auch das gesamtgesellschaftliche Interesse am Gebiet Untere Havel bzw. an der Oder sein. Hier spielt neben dem Hochwasserschutz, der unangetastet bleiben muss, die national und international bestätigte Bedeutung der Gebiete für den Naturschutz eine bedeutende Rolle im Prozess der Entscheidungsfindung.

In der Niederung des Großen Grabens zwischen Parey, Gülpe, Wolsier, Spaatz und Hohennauen wird seit längerer Zeit verstärkt Naturschutzarbeit betrieben. Mit der Eingliederung der GGN in das Naturschutzgebiet „Untere Havel Nord“ (im Verfahren) wird der langfristige Schutz des Gesamtgebietes angestrebt.

Die landwirtschaftlichen Betriebe des Plangebiets sind von Beginn an von der Umstrukturierung des Landschaftsraumes betroffen. Für die Naturschutzmaßnahmen existieren fast flächendeckend Verträge, die über Mittel des Vertragsnaturschutzes bzw. seit einiger Zeit z. T. auch über KULAP finanziert werden.

Im Laufe der Zeit haben sich sowohl auf Seiten der Landwirte als auch auf Seiten des Naturschutzes verschiedene Fragen ergeben, deren Beantwortung teilweise noch offen ist. Während die Mehrzahl der Landwirtschaftsbetriebe eine Lockerung der Auflagen bzw. der freiwillig eingegangenen Beschränkungen fordert, hielt die Naturschutzseite bisher an den Auflagen fest, bzw. wies die Forderungen der Landwirtschaft als unbegründet zurück. Auf dieser Basis ist eine zielgerichtete Entwicklung des Gebietes jedoch nicht möglich, wenngleich sich beide Partner einig sind, dass nur ein „Miteinander“ zu befriedigenden Lösungen führt.

Folgerichtig wird in einer vorliegenden Studie (ELLMANN und SCHULZE 2000) angestrebt, die Vorgehensweise für ein Handlungskonzept aufzuzeigen, der das bisher im Naturschutz Erreichte sichert und weiterführt, den Landwirten jedoch die Chancen zur Weiterführung der Betriebe ebenfalls belässt.

Dabei ist die Vielschichtigkeit der Problemstellung in folgenden Aspekten begründet:

- Komplizierter Wasserhaushalt durch die vorhandene Bodengenese
- Moordegradierung durch Hydromelioration der Vergangenheit
- Naturschutzziele
- Flächenverteilung und Betriebskonzepte, unterschiedliche Anpassung der Flächennutzung durch Einzelbetriebe

So wurden verschiedene Szenarios modelliert, die zwischen "komplettem Moorschutz" sowie Bewirtschaftung mit "guter landwirtschaftlicher Praxis" lagen. Als möglicher Kompromiss wurde vorgeschlagen, 24,75 müNN im Winter und 24,35 müNN im Sommer zu halten. Diese Verhältnisse können sowohl für die

Belange der Landwirtschaft als auch des Naturschutzes auch zukünftig als Kompromiss gelten. Dafür war entsprechender Bedarf zur Nutzungsänderung in Teilbereichen vorhanden, welcher im Zuge der Schutzgebietsausweisung für das NSG Untere Havel Nord (Zonierung) berücksichtigt wurde. Ähnliche Vorgehensweisen sind auch für die anderen Polder denkbar, wenn es zu einer jährlichen „Ökologischen Flutung“ kommen sollte.

Bei einer „Ökologischen Flutung“, die jeweils in den Wintermonaten erfolgt, ist mit einer Veränderung der Vegetationsstruktur zu rechnen. Je nach Standort und Nutzung werden sich Flutrasen, Seggenrieder oder Weidengebüsche ansiedeln. Auf jeden Fall ist davon auszugehen, dass diese Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche überwiegend herausfallen würden. Die Karten 4.6a-h und 4.7a-h zeigen, dass solche Flutungen für jeweils etwa ein HW 2 (dies ist im Polder GGN etwa bereits jetzt der Fall) vor allem Grünland, weniger Ackerland, beträfen. Das vorhandene Grünland besitzt bei einer Flutung im Hochwasserfall überwiegend nur ein geringes ökologisches Risiko (in der Neuzeller Neuzeller Niederung ist dies in den westlichen Randbereichen anders). Durch wiederkehrende jährliche Überstauung entstehende, überwiegend seggengeprägte Pflanzengesellschaften, würden im Falle einer Flutung eine gewisse Toleranz gegenüber der Überstauung entwickeln. ELLENBERG (1992) weist allein 22 Carexarten als Überschwemmungszeiger oder starke Wasserwechselzeiger aus. Zwar käme es bei einem Sommerhochwasser auch zu Schäden (vor allem auch bei den Bodenlebewesen), jedoch kann man auf diesen Flächen davon ausgehen, dass die Fäulnisprozesse und somit die Sauerstoffzehrung, die zu dem in der Havel bekannten Fischsterben führte, verzögert eintritt. Hier stehen allerdings wissenschaftliche Untersuchungen aus.

Tab. 4-6 zeigt die Flächenbetroffenheit bei einer „Ökologischen Flutung“ bis auf Höhe eines HW2 für alle betrachteten Havelpolder. Für Neuzelle wird nur in die Deichvarianten 1 und 2 unterschieden, nicht nach gesteuerter oder ungesteuerter Flutung, da es bei dieser Betrachtung nicht um die Länge der möglichen Überstauung sondern um die überstaute Fläche geht.

Tab. 4-6: Flächenbetroffenheit bei einer „Ökologischen Flutung“

Polder	betroffene Nutzungstypen [ha] (gerundet)			betroffene Fläche insgesamt [%] zur Polderfläche]
	Grünland	Acker	Wald	
Warnau (HSZ-H3)	110	18	0	22,7
Havelberg (HSZ-H3)	166	<1	8	11,7
Kümmernitz (HSZ-H3)	22	41	1	4,8
Vehlgast (HSZ-H3)	256	67	17	34,6
Twerl/Schafhorst (HSZ-H3)	667	189	27	34,1
Großer Graben (HSZ-H3)	483	61	11	23,1
Flöthgraben (HSZ-H3)	260	27	4	29,5
Neuzelle Deichvariante I (HSZ-O3)	754	275	16	50,6
Neuzelle Deichvariante II (HSZ-O3)	851	196	3	51,8

Tab. 4-7: Betroffenheit von Verkehrswegen bei einer „Ökologischen Flutung“

Polder	betroffene Verkehrswege [km]				
	Plattenwege	Betonformsteine	Asphalt	Schotter	unbefestigt bzw. bereits entsiegelt
Warnau (HSZ-H3)	1,5		-	-	1,6
Havelberg (HSZ-H3)	<0,1	0,2	0,2	-	1,3
Kümmernitz (HSZ-H3)	-	-	-	-	<0,1
Vehlgast (HSZ-H3)	2,1	-	<0,1	-	2,5
Twerl/Schafhorst (HSZ-H3)	3,5	1,6	1,2	0,1	3,8
Großer Graben (HSZ-H3)	6,4	-	<0,1	<0,1	1,3
Flöthgraben (HSZ-H3)	<0,1	-	-	-	0,5
Neuzelle Deichvariante I (HSZ-O3)	16,7	-	<0,1	2,6	-
Neuzelle Deichvariante II (HSZ-O3)	15,9	-	1,4	3,7	-

Die unterschiedliche Ausstattung der Polder mit Verkehrstrassen spiegelt sich auch bei der potenziellen Überstauung bei einem HW2 wieder (Tab. 4-7). Während für Kümmernitz und Flöthgraben so gut wie keine Beeinträchtigungen vorhanden wären, zeigt in der Havelniederung der Polder Twerl/Schafhorst eine große Zahl betroffener Wege an. Hier zeigt sich, dass im Zuge der Hochwassermaßnahmen nach 2002 zusätzliche Befestigungen vor allem auch in den tieferen Bereichen erfolgten. Beim Nachdenken über eine jährliche Flutung ist somit hier eine entsprechende Schädigung neuer Trassen zu erwarten.

Für Havelberg ist durch die geringe Trassenlänge im betroffenen Bereich ebenfalls kein größerer Schaden anzunehmen. Im Großen Graben, in dem wie oben bereits beschrieben ähnliche Flutungen jährlich erfolgen, sind lange Strecken der Plattenwege betroffen. Diese sind in den tiefen Bereichen jedoch jetzt bereits kaum noch für PKW zu befahren. Im Rahmen der oben benannten Planung im GGN wurde somit auch eine entsprechende verkehrstechnische Lösung benannt, die Umverlegungen, Rück- und Neubau von Strecken enthielt. Ähnliches würde somit auch für den Polder Vehlgast nötig werden, in dem ca. 2,1 km Plattenwege betroffen sein würden (Hier gilt z. T. auch, dass unbefestigte Wege nach 2002 befestigt wurden und diese bei einem HW2 überflutet würden.).

In der Neuzeller Niederung ist mit einer besonderen Betroffenheit von Verkehrswegen zu rechnen, wobei Deichvariante I noch etwas besser abschneidet. Da die Plattenwege hier fast gänzlich auf einer Moorunterlage gegründet wurden, ist auch nach dem Trockenfallen der Flächen eine Befahrbarkeit mit schweren Geräten problematisch bzw. führt zu den aus der Großen Grabenniederung bekannten Schäden.

Insgesamt ist zu prüfen, ob im Falle einer gewollten „Ökologischen Flutung“ ein Rückbau aller potenziell betroffenen Wege möglich ist.

4.4.3 Ökologisches Risiko der einzelnen Flutungsszenarios

Das ökologische Risiko ist in der Regel, wie zu erwarten, jeweils abhängig von der Nutzung des Polders. Während in überwiegend als Grün- bzw. Ackerland genutzten Poldern ein eher geringes Risiko vorhanden ist, haben waldgeprägte Polder höhere Anteile von Flächen mit höherem Risiko. Allerdings ist in solchen Poldern auch der Anteil potenzieller Auebiotope (siehe Kapitel Methodik), wie Bruchwälder u. ä. höher. Dies ist wiederum ebenfalls bestimmt durch die Standortgegebenheiten solcher Waldflächen, die seit ehedem eine Acker- bzw. Grünlandwirtschaft nicht zulassen. Höheres Risiko haben hier vor allem Waldflächen mit deutlich forstlicher Prägung auf Grenzstandorten und Hecken, Baumreihen sowie Feldgehölze.

Tab. 4-8: Polderübersicht Nutzung

Polder	Flächenanteil ausgewählter Biotop- und Nutzungstypen [%] (gerundet)			
	Gras- und Staudenfluren	Acker	Wald	Siedlungs- und Verkehrsflächen
Warnau	50	37	1	2
Havelberg	64	18	16	<1
Kümmernitz	31	8	60	<1
Vehlgast	43	40	13	3
Twerl/Schafhorst	55	40	3	<1
Großer Graben	65	27	1	<1
Flöthgraben	69	23	8	<1
Neuzelle	56	28	7	6

Havelpolder HSZ-H1

Insgesamt überwiegen die Flächen mit geringem ökologischen Risiko. Durch die Aushaltung von „Auebiotopen“, deren Anteil beim Hochwasser 2002 zwischen 3 und 47 % ausmachte, werden mögliche höher risikobehaftete Flächen (vor allem Waldflächen) offensichtlich reduziert (Karten 4.9a-e,g).

Tab. 4-9: Polderübersicht – ökologisches Risiko für Flutung 2002 bis ca. 26,00 müNN

Polder	Ökologisches Risiko [% aller Flächen] (gerundet)			
	gering	mittel	hoch	Auebiotope
Warnau	29	2	1	47
Havelberg	54	1	1	34
Kümmernitz	30	1	<1	9
Vehlgast	31	1	1	15
Twerl/Schafhorst	81	2	1	3
Großer Graben	nicht geflutet	nicht geflutet	nicht geflutet	nicht geflutet
Flöthgraben	64	2	1	4

Havelpolder HSZ-H2 (FOP-H1)

Für die Flutung bis 26,40 müNN ergeben sich andere prozentuale Verteilungen als beim Hochwasser 2002 (flächenhafte Darstellung siehe Karten 4.8a-g).

Tab. 4-10: Polderübersicht – ökologisches Risiko für ungesteuerte Flutung bis 26.40 müNN

Polder	Ökologisches Risiko [% aller Flächen] (gerundet)			
	gering	mittel	hoch	Auebiotope
Warnau	32	2	1	47
Havelberg	56	1	1	35
Kümmernitz	46	1	<1	16
Vehlgast	56	1	<1	27
Twerl/Schafhorst	90	3	1	3
Großer Graben	78 (60)	2	1	1 (19)
Flöthgraben	74	3	1	5

Der Anteil der Auebiotope bleibt relativ gleich, was darauf zurückzuführen ist, dass dieser Biotoptyp eher in den niedrigeren Flächen vorkommt und somit bereits bei 26,00 müNN überflutet wird. Jedoch zeigt sich, dass die Zunahme der überfluteten Flächen über die eher gering risikobehafteten Flächen erfolgt. Dies ist auch erklärbar, da der überwiegende Teil von Flächen über 26,00 müNN durch Äcker oder Intensivgrünland gebildet wird, deren Schutzwürdigkeit und Empfindlichkeit (da Wiederherstellbarkeit hoch) gering sind.

Für den Großen Graben ist festzustellen, dass die niedrigsten Bereiche des Polders durchaus auch als „Auebiotope" hätten kartiert werden können. Allerdings stellten sich die Wiesenbereiche, um die es sich hier handelt, im trockenen Sommer 2003 eher intensiver genutzt dar. In der obigen Tabelle ist in Klammern dargestellt, wie sich die prozentualen Anteile bei anderer Einstufung der Wiesenflächen ändern würden. Die grundsätzliche Bewertung des ökologischen Risikos ändert sich dadurch nicht.

Havelpolder HSZ-H1 (FOP-H2)

Die beiden Flutungsszenarios unterscheiden sich, in Bezug auf das ökologische Risiko, nur marginal. Dabei ist festzustellen, dass sich die Überflutungsdauer von Einzelflächen bis zu ca. 5 Tagen ändern kann, so dass eine Einordnung der Überflutungsintervalle in die jeweils nächste Kategorie erfolgt. Da das Risiko aus der Empfindlichkeit und der Schutzwürdigkeit gebildet und nur in 3 Stufen bewertet wird und diese überwiegend nur auf diversen Annahmen beruhen (siehe Kapitel Methodik), ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede. Auf eine gesonderte Auswertung dieser Flutungsoption wird somit verzichtet.

Neuzeller Niederung

Für Neuzelle wurden andere Szenarios für die Überflutungsflächen untersucht, als für die Havelpolder. Betrachtet wird der „Eichfall" des Hochwassers 1997 als Extremereignis, welches etwa mit den maximalen Füllhöhen der Havelpolder vergleichbar ist.

Betrachtet werden:

A) Hochwasser 1997 HSZ-O1, Deichvariante 1, 200m³/sec gesteuert

B) Hochwasser 1997 HSZ-O1, Deichvariante 2, 200m³/sec gesteuert

C) Hochwasser 1997 HSZ-O1, Deichvariante 2, 200m³/sec ungesteuert

Während bei den Havelpoldern 5-Tages-Intervalle ausgehalten werden konnten, variieren die ausgewiesenen Zeiten in Neuzelle deutlich. Deshalb wurde die Einstufung der Überstauzeiten mit

K = kurz 1- ca. 11 Tage

M = mittel 11 bis ca. 23-27 Tage

L = lang ca. 23-27 – ca. 74-75 Tage

S = sehr lang >74 Tage

angenommen.

Tab. 4-11: Neuzeller Niederung – ökologisches Risiko

Szenario	**Ökologisches Risiko [% aller Flächen] (gerundet)**			
	gering	**mittel**	**hoch**	**Auebiotope**
A	23	31	4	8
B	29	36	5	9
C	30	34	5	9

Das ökologische Risiko ist auch hier abhängig von der Nutzung des Polders bzw. der potenziell überstauten Fläche. In der Neuzeller Niederung zeigt sich allerdings deutlicher, dass das Risiko mit der Länge der Überstaudauer steigt. Außerdem sind im Vergleich zu den Havelpoldern ca. 6 % Verkehrs- und Siedlungsflächen im Polder vorhanden. An der Havel sind dies im Schnitt weniger als 1 %.

Die Flächenanteile der 3 Risikostufen sind in Abhängigkeit von der Deichvariante unterschiedlich verteilt (Tab. 4-11, Karten 4.10h, 4.11h, 4.12h). Das geringste Risiko beinhaltet die Deichvariante 1. Dies resultiert u. a. aus dem Freihalten der nördlich des Deiches liegenden wertvollen Flächen und der großen Anzahl als Auebiotope deklarierter Gebiete. Der direkte Vergleich lässt sich nur für Deichvariante 2 zwischen gesteuerter und ungesteuerter Flutung erbringen. Allerdings ist der Unterschied zwischen den Varianten zu vernachlässigen.

In keinem der Havelpolder ist das ökologische Risiko bei voller Überstauung so hoch wie in der Neuzeller Niederung. Nach Betrachtung der Daten scheint der Anteil als „mittel“ eingestufter Flächen aus den mageren Mähwiesen zu „stammen“, die sich aus dem flachen Bereich der Neuzeller Niederung in Richtung Westen zum Bahndamm hin erstrecken. Zu bemerken ist, dass die Siedlungsflächen zwar im Falle einer Flutung entsprechend betroffen sein würden und entsprechende Schäden aufträten (siehe folgendes Kapitel), dass diese jedoch in der Bewertung des ökologischen Risikos als „gering“ eingestuft werden.

4.4.4 Auswirkung der Flutungen auf die Infrastruktur (Straßen/Wege)

Bei den potenziellen Schäden an Straßen und Wegen durch Flutungen bzw. damit in Zusammenhang stehenden Verkehrsbewegungen zeigt sich, dass Polder mit stark befestigten Wegen und Straßen deutlich schlechter abschneiden, als Polder mit unbefestigten Wegen. Je nach Wiederkehrintervall solcher Flutungen ist der Straßenbestand z. T. bereits wieder in einem schlechten Zustand, ohne dass die Flutung dafür verantwortlich wäre. Anders wäre dies bei einer Flutung zum derzeitigen Zeitpunkt, zu dem ein Großteil der Wegeverbindungen repariert bzw. neu hergestellt wurde. Somit sind die Maximalkosten für den Flutungsfall nicht ansetzbar, sondern höchstens ein Mittelwert zwischen Reparatur und Rekonstruktion.

Tab. 4-12: Polderübersicht Havel – Schadenpotenzial Infrastruktur bei Flutung bis 26,40 müNN

Polder	**Trassenlänge [km]**	**gemittelte Kosten [Mio. €]**	**Kosten/km Trassenlänge [T €]**
Warnau	14	1.02	72,8
Havelberg	25	1,01	40,4
Kümmernitz	8	0,07	0,9
Vehlgast	26	1,35	51,9
Twerl/Schafhorst	43	2,96	68,8
Großer Graben	32	2,49	77,8
Flöthgraben	6	0,33	55,0

Für Neuzelle ergeben sich bei voller Überstauung Trassenlängen von 27 km, gemittelte Kosten von 2,25 Mio. € und Kosten/km von 83,3 T €.

Da offizielle Zahlen nicht vorliegen, können nur weitere Annahmen aus den Erfahrungen des Jahres 2002/2003 herangezogen werden, um einen notwendigen Kostenaufwand für den „Ernstfall" abzuschätzen. Es wird somit davon ausgegangen, dass nur 50 % der gemittelten Summen zur Sanierung notwendig wären. Dies bedeutet für die Havelpolder Brandenburgs eine Summe von 2,89 Mio. € und Sachsen-Anhalts 1,73 Mio. €.

Für Neuzelle wäre mit einem Kostenumfang von ca. 1,2 Mio. € zu rechnen.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass für den Flutungsfall Asphaltstraßen in den überschwemmten Gebieten die schlechteste Variante darstellen. Diese sind zwar etwas billiger in der Herstellung, nehmen jedoch durch Aufschwimmen oder Auffrieren größeren Schaden als Plattenwege oder Betonpflasterwege. Zumindest ist hier die Pflasterschicht wiederverwendbar, kleinere Setzungen und Verwerfungen sind leichter zu reparieren bzw. sind für einige Zeit „duldbar".

5 Schadenpotentiale in der Landwirtschaft

G. Neubert, R. Thiel

5.1 Aufgabenstellung, Methodik

5.1.1 Aufgabenstellung

Primäres Anliegen dieser Teilleistung ist es, die ökonomischen Auswirkungen der abgestimmten Flutungsszenarios für die Landwirtschaft als hauptsächlich betroffener Wirtschaftszweig in den Flutungspoldern zu ermitteln und zu bewerten. Die Ergebnisse bilden damit eine wesentliche Grundlage für die Gesamtbewertung der Szenarios und die Ableitung von Entscheidungshilfen und Handlungsempfehlungen für Hochwasserschutzstrategien, -konzepte und -maßnahmen in den Untersuchungsgebieten (Havelpolder, Neuzeller Niederung).

Darüber hinaus soll durch eine differenzierte Schadenermittlung, insbesondere in Abhängigkeit zeitlich variierender Hochwasserereignisse, sowie durch die Berücksichtigung der neuen Rahmenbedingungen (Reform der GAP) ein Beitrag zur Vervollkommnung und Aktualisierung des Instrumentariums zur Schadentaxation und -prognose geleistet werden. Bisherige Orientierungswerte (z.B. DVWK 1985, S. 45 ff.) gehen von stark vereinfachten Annahmen aus.

Der vorliegende Beitrag trägt im Rahmen der Konsensfindung, bei der die Fülle von Vor- und Nachteilen unterschiedlicher Strategien hinreichend genau zu beachten ist, auch zur erforderlichen Transparenz zu treffender Entscheidungen bei, denn ausschließlich belastbare Ergebnisse und Argumente können eine Basis für umfassend weitreichende Hochwasserschutzzielausrichtungen sein, die dann in der Endkonsequenz von allen beteiligten und betroffenen Akteuren mitgetragen und in praxi umgesetzt werden können. Insgesamt sollen die Ausführungen den Abwägungs- und Entscheidungsprozess der politischen und fachlichen Handlungsträger erleichtern.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass es keinen absoluten Schutz vor Extremhochwasserereignissen gibt. Vielmehr sind unter Berücksichtigung von gesamtgesellschaftlichen Kosten und Schadenrisiken ganzheitliche Anstrengungen zu unternehmen, um mögliche Konsequenzen von Hochwasser durch geeignete Schutzmaßnahmen und Strategien zu begrenzen. Der gesteuerten Nutzung von Flutungspoldern kommt hierbei maßgebliche Bedeutung zu, denn durch deren Nutzung kann eine auftretende Hochwasserspitze effektiv gekappt werden.

Der Schwerpunkt der Schadenberechnungen liegt daher auf der Flutung bei Extremhochwasser. Dabei werden als Variante die Auswirkungen einer Nutzungsänderung (Umwandlung von Ackerland in Grünland) in den Überschwemmungsgebieten abgeschätzt, womit u. a. etwaige Folgen der vorgesehenen Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (vgl. BMU 2004) bewertet werden.

Daneben werden als Variante auch die Konsequenzen der Polderflutung bereits bei kleineren Hochwasser (HW 1 bis 5), die so genannte „Ökologische Flutung", vergleichend betrachtet. Wie aus bereits durchgeführten Untersuchungen zur Deichrückverlegung im Raum Lenzen hervorgeht, sind dadurch weit größere negative sozioökonomische Folgen für die Landwirtschaft zu erwarten (vgl. NEUBERT et al. 2003). Derartige Flutungen haben weniger den Hochwasserschutz zum Ziel, als vielmehr die Verbesserung der Naturraumausstattung. Eine Bewertung und Gegenüberstellung des „ökologischen" Nutzens bleibt jedoch, da nicht Gegenstand der Leistung, ausgeklammert.

5.1.2 Grundlagen und Methodik der Schadenermittlung

Mit welchen Schäden für die Landwirtschaft durch extreme Hochwasserereignisse zu rechnen ist und wie sie zu bewerten sind, ist in Tab. 5-1 zusammengestellt.

Tab. 5-1: Kategorisierung und Bewertung landwirtschaftlicher Schäden

Schadenkategorie	**Untersetzung/Bewertung**	**Bemerkungen**
Flächenschäden (Kulturpflanzen, Böden)	Ertragsverluste / Erlöseinbußen, Kosten für Ersatzfutterbeschaffung, Gewinndifferenz Ersatzanbau	direkte Verluste + Verluste durch Wiederherstellungsmaßnahmen auch in Folgejahren, Gegenrechnung eingesparter Kosten
	Wiederherstellung Flächennutzbarkeit, Kulturzustand, Ertragsfähigkeit / Kosten für entsprechende Arbeitsgänge inkl. Material	z.B. Beseitigung von Verschlämmungen, verschmutzter Aufwüchse, Nachsaat / Neuansaat Grünland, zusätzliche Bodenuntersuchung
Schäden an Vorräten, Betriebsmitteln	Kosten für Ersatzbeschaffung	zwischengelagerte Ernteprodukte auf Flächen zu Flächenschaden
Schäden an Gebäuden, Anlagen, Maschinen	Kosten für Instandsetzung, ggf. Ersatz zum Zeitwert	
Viehverluste, Leistungsdepression	Kosten Ersatzbeschaffung, Erlöseinbußen	direkt durch Flutung und indirekt durch Evakuierung, Futterwertminderung
Evakuierungskosten	Kosten für Transporte, Unterbringung, Pensionshaltung	Gegenrechnung Kosteneinsparung bei eigenerer Haltung, Futterkosten zu Flächenschaden (Ersatzfutterbeschaffung) zurechenbar
Sonstiges	Gutachterkosten Schadenermittlung, Koordinierung HW-Maßnahmen etc. / direkte Kosten	

Ihre Vorherschätzung ist unter Berücksichtigung des hierfür zu tätigenden Aufwandes mehr oder weniger genau möglich. Abgesehen von der Variabilität des Hochwasserereignisses selbst (Zeitpunkt, Dauer, Ausprägung, Flächenbetroffenheit) schwanken die Nutzungsverhältnisse von Jahr zu Jahr und es sind unterschiedliche betriebliche Anpassungsreaktionen möglich. Zudem sind subjektive Einflüsse z. T. schwer auszuschließen.

Auf eine detaillierte und ausführliche Darstellung der im Einzelnen getroffenen Unterstellungen für Ermittlung der Flächenschäden wird verzichtet. Sie beruhen auf folgenden Quellen und Grundsätzen:

- Flächennutzung (Anbauverhältnisse), Betriebsstruktur in den brandenburgischen Poldern aus im LVLF vorliegenden einzelbetrieblichen flurgenauen Daten der Agrarförderung (InVeKoS) der Jahre 2000-2002; Konsolidierung zur GIS-Fläche als Bezugsbasis über relative Anteile der Fruchtarten; Nutzungsdaten für Polder in Sachsen-Anhalt aus KRÖKER (2003), ISW (2003) und Eigenerhebung
- Ertragsdaten, Preise, Kosten aus Datensammlung für die Betriebsplanung (LVL 2001) und Ergänzungen, Wirtschaftsergebnissen von Testbetrieben (LVL 1998-2003), ZMP (2000), KTBL (1992); Annahme Landbaugebiet III, für Grünland Ertragsklasse 2 lt. Datensammlung;
- Endstufe der GAP-Reform (2012), d.h. von Produktion entkoppelte Direktzahlungen (einheitliche LF-Prämie unabhängig von der Nutzungsart; für das Land Brandenburg voraussichtlich ca. 294 €/ha);

- Ertragsverluste und Maßnahmen der Rekultivierung der Flächen in Auswertung einschlägiger Fachliteratur unter Berücksichtigung schadenmindernder Anpassungen[15] (Untersetzungen siehe Kapitel 5.2.3)

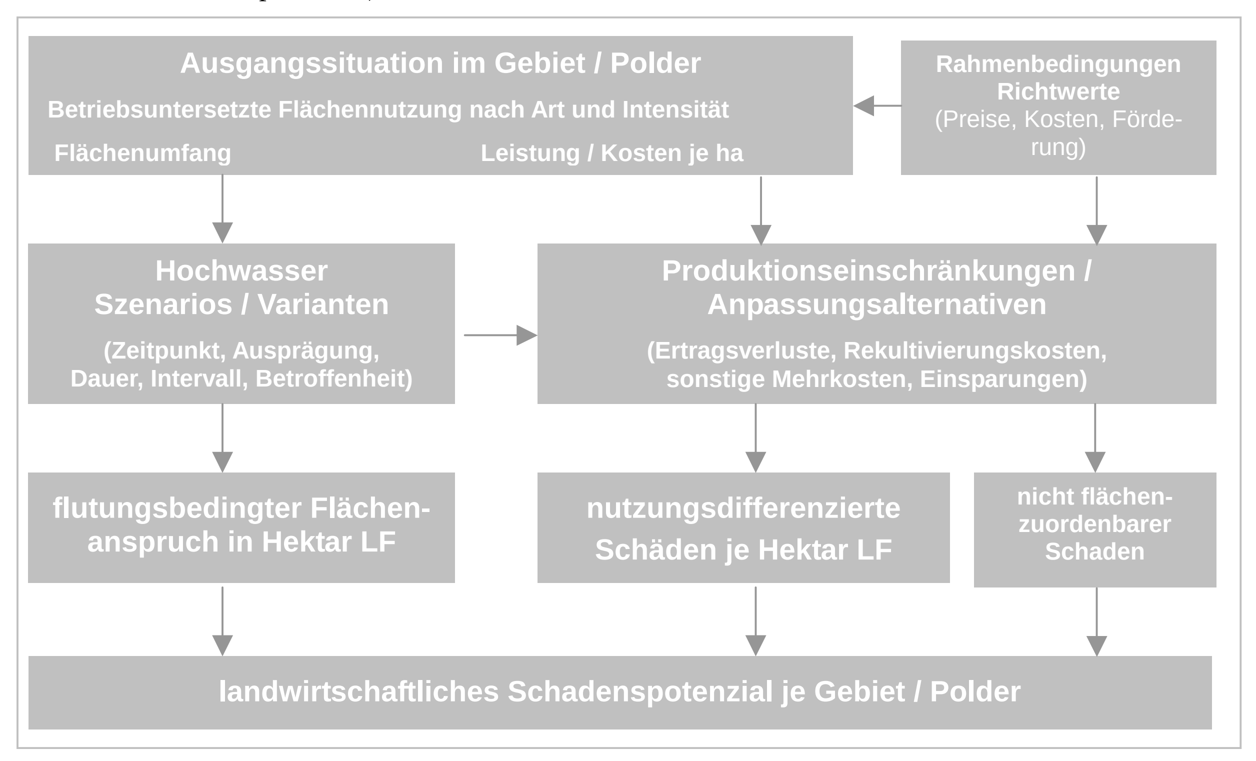


Abb. 5-1: Vorgehensweise zur Schadenermittlung

Basis für die Flächenschadenkalkulation sind die abgestimmten Szenarios beider Untersuchungsräume und die von den Partnern ausgewiesenen von der Flutung betroffenen Flächen in den Poldern. Dabei wurde entgegen ursprünglicher Überlegungen aus Vereinfachungsgründen für die gesamte überflutete Fläche der gleiche Schadensatz je Fruchtart unabhängig von der Dauer der Flutung unterstellt. Obgleich die Dauer der Überflutung sicherlich auf den Schaden bei den einzelnen Kulturen Einfluss hat, sprechen für dieses Vorgehen folgende Aspekte:

- Mangel an ausreichend fundierten Untersuchungen zu Ertragsverlusten und sonstigen Folgen in Abhängigkeit von der Flutungsdauer, zumal sie auch stark von Witterung und Strömungsgeschwindigkeit/Verschlämmungswirkung der Flutung beeinflusst werden
- Bewirtschaftung ganzer Schläge, die eine gesonderte Behandlung/Nutzung von Teilflächen mit geringerer Flutungsdauer (geringeren Schäden) nicht zulassen
- Schäden bzw. Mehrkosten, die auf den nicht überfluteten Polderflächen aufgrund ihrer zeitweiligen eingeschränkten Erreichbarkeit (überflutete Zuwegung) entstehen, bleiben unberücksichtigt.

Prinzipiell wurde unterstellt, dass durch die Flutung der zum Zeitpunkt stehende Aufwuchs voll geschädigt wird (i. d. R. bei 1 bis 3 Wochen Dauer). Die im letztgenannten Aspekt nicht berücksichtigten Schäden und die ggf. geringeren Schäden auf Flächenanteilen mit kürzerer Überflutungsdauer gleichen sich annähernd aus.

[15] siehe NEUBERT et al. (2003), NEUBERT und THIEL (2002), THIEL (2004) und dort benannte Quellen; Hinweise bei KÖHNE (2000)

Hingegen wurde der Einfluss unterschiedlicher Zeitpunkte der Flutung im Jahresverlauf in Untervarianten ermittelt (siehe nachfolgender Punkt).

Die Flächenschäden werden polderweise bzw. gebietsweise für das Jahr der Flutung insgesamt und je Hektar betroffener Fläche ermittelt und ausgewiesen. Insbesondere für den Vergleich der Schäden der Extremhochwasser mit den „Ökologischen Flutungsszenarios“ erfolgte auch die Ausweisung der jährlichen Schäden durch Division des Schadens je Flutungsjahr durch die Jahre der Eintrittswahrscheinlichkeit (HW 2 ... 180). Bei den “Ökologischen Flutungsvarianten“ wurden die Schäden, die bei größeren Hochwasser auf den mehr betroffenen Flächen auftreten, entsprechend der Eintrittswahrscheinlichkeit auf die Schäden im Flutungsjahr und deren Fläche mittels Faktoren zugeschlagen. Die mit zunehmendem Hochwasser zusätzlich betroffene Fläche wurde dabei entsprechend der Höhenverteilung in den Poldern abgeschätzt.

5.1.3 Spezifizierung zeit- und nutzungsabhängiger Schäden

Die unterschiedlichen vegetationsrelevanten Wirkungen, agrotechnischen Termine und produktionstechnischen Folgen lassen eine differenzierte Ermittlung landwirtschaftlicher Schäden nach dem Zeitpunkt der Hochwasserereignisse für angezeigt erscheinen. Dementsprechend und unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Eintrittswahrscheinlichkeit extremer Hochwasser von Elbe und Oder (Frühjahr, Sommer) wurden die Schäden für 4 Zeitvarianten ermittelt: **vor und nach 15./16. Woche** sowie **vor und nach der 29./30. Woche**. Abb. 5-2 verdeutlicht den angenommenen Termin für die Kalkulation (dunkel gefärbt) und die hierzu schadenrelevant annähernd zuordenbaren Zeiträume der Hochwasserereignisse.

Hochwasser	Monat											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Winter / Frühjahr												
Frühjahr												
Sommer (vor Drusch)												
Sommer (nach Drusch)												

Abb. 5-2: Zuordnung der Hochwasserereignisse im Jahresverlauf zu den unterstellten Zeitvarianten

Maßgebend für diese Unterscheidung sind im Frühjahr der Beginn der Vegetation und der noch mögliche Anbau von Sommerkulturen auch in Hauptfruchtstellung nach dem Hochwasser und im Sommer der Zeitpunkt der Ernte der Druschfrüchte als überwiegend angebaute Fruchtarten auf dem Ackerland.

In Tab. 5-2 sind die wesentlichen produktionstechnischen und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen für die Untervarianten zusammengefasst. Zu bemerken ist, dass für die zusätzlichen Arbeitsgänge, die unmittelbar nach der Flutung zur Beseitigung der Schäden erfolgen (Mulchen, Auflockerung, Beräumung etc.), ein Erschwerniszuschlag von 25 % zu den sonst unter normalen Bedingungen (gute Befahrbarkeit, keine Verschmutzung) anfallenden Kosten erfolgte.

Die sich hieraus je Hektar ergebenden Flächenschäden für die in den Poldern angebauten hauptsächlichen Fruchtarten sind in Tab. 5-3 ausgewiesen.

Es zeigen sich z. T. deutliche Unterschiede zwischen den Flutungszeitvarianten. Tendenziell sind mit Sommerflutung vor Ernte der Druschfrüchte die höchsten Schäden, mit der zeitigen Frühjahrsflutung die niedrigsten Schäden verbunden. Ausgenommen davon sind die Druschfrüchte nach der Ernte, wo letztlich nur die Kosten für eine zusätzliche Bodenbearbeitung und Ertragseinbußen durch Anbau von Sommerungen anstelle der üblichen Winterung als Nachfrucht zu Buche schlagen, sowie die Stilllegungsflächen, bei denen zu allen Zeitpunkten nur Mehrkosten für ein zusätzliches Mulchen unterstellt sind.

Tab. 5-2: Maßgebliche Folgen ausgewählter Zeitvarianten

Zeitraum HW-Ereignis		**LF**	**Auswirkungen**	
			produktionstechnisch	**betriebswirtschaftlich**
Winter/ Frühjahr	vor 15./16 Woche	AL	Umbruch der Winterungen verspäteter Anbau Sommerkulturen mit Ertrags- und Qualitätseinbußen (z. T. als Ersatz) zusätzliche Bodenbearbeitung	Erwerbsverluste durch Ertragsausfall Kosten für Bodenbearbeitung Einsparung anteiliger Verfahrenskosten (Ernte)
		GL	bis 30%ige Ertragsverluste durch verspäten Aufwuchs, Mulchen / Auflockern, Bestandsminderung teilweise Nachsaat	Kosten für Ersatzfutterbeschaffung Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge ertragsverlustanteiliger Kosteneinsparung (Ernte/Düngung)
Frühjahr	nach 15./16 Woche	AL	Umbruch der Winterungen keine Sommerkulturen als Hauptfrüchte Zweit- bzw. Zwischenfruchtanbau (bis 75%ige Ertragsverluste bei Ackerfutter)	Erwerbsverluste durch Ertragsausfall Kosten für zusätzliche Bodenbearbeitungsgänge, Zwischenfruchtanbau Einsparung anteiliger Verfahrenskosten, Düngeräquivalent Zwischenfrüchte
		GL	bis 50%ige Ertragsverluste Mulchen, z. T. Abfuhr geschädigter Aufwüchse Nach- oder Neuansaat	Kosten für Ersatzfutterbeschaffung Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge ertragsverlustanteiliger Kosteneinsparung (Ernte/Düngung)
Sommer	vor 29./30. Woche	AL	Totalverlust bei Marktfrüchten, Silomais z. T. Anbauverzicht Winterungen als Folgefrucht, dafür Sommergetreide Ackerfutterumbruch und Frühjahrsansaat zusätzliche Bodenbearbeitung/ Einarbeitung bzw. Abfuhr geschädigter Aufwüchse	Erwerbsverluste durch Ertragsausfall Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge Einsparung von Ernte-, Trocknungs- und Lagerungs- bzw. Aufbereitungskosten
		GL	bis 85%iger Ertragsausfall inkl. Folgejahr Mulchen, z. T. Abfuhr geschädigter Aufwüchse Umbruch, Neuansaat im Folgejahr	Kosten für Ersatzfutterbeschaffung Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge ertragsverlustanteiliger Kosteneinsparung (Ernte/Düngung)
	nach 29./30. Woche	AL	Totalverlust bei Hackfrüchten, Silomais z. T. Anbauverzicht Winterungen als Folgefrucht, dafür Sommergetreide Ackerfutterumbruch und Frühjahrsansaat zusätzliche Bodenbearbeitung/ Einarbeitung bzw. Abfuhr geschädigter Aufwüchse	Erwerbsverluste durch Ertragsausfall Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge teilweise Einsparung von Ernte-, Transport- und Lagerungskosten
		GL	bis 60%iger Ertragsausfall inkl. Folgejahr Umbruch, Neuansaat im Folgejahr	Kosten für Ersatzfutterbeschaffung Kosten zusätzlicher Arbeitsgänge ertragsverlustanteiliger Kosteneinsparung (Ernte/Düngung)

Tab. 5-3: Ermittelte Flächenschäden durch Flutung der Polder für die angebauten Fruchtarten in € je Hektar LF

LF	Nutzung	Zeitpunkt [Woche]			
		< 15./16.	> 15./16.	< 29./30.	> 29./30.
Ackerland	Wintergetreide	494	589	671	118
	Sommergetreide	216	454	552	118
	Winterraps	491	708	794	118
	Körnerlupinen	99	291	435	118
	Kartoffeln	614	1.589	2.288	2.288
	Silomais	226	336	1.044	1.044
	mehrjähriges Ackerfutter	492	709	690	559
	dto. Ackerfutter (extensiv)	343	428	418	358
	Stilllegung	69	69	69	69
Grünland	Wiese	316	525	632	553
	Wiese (extensiv)	217	426	503	454
	Weide	357	615	699	569
	Weide (extensiv)	261	525	590	490
	Mähweide	325	556	686	569
	Mähweide (extensiv)	223	444	542	463

Die gravierendsten absoluten Unterschiede treten bei Silomais und Kartoffeln auf, je nachdem, ob ein verspäteter Anbau noch möglich oder mit Totalverlusten zu rechnen ist.

Sichtbar wird auch, dass im Falle der bereits erfolgten Ernte bei Druschfrüchten (letzte Variante) die Schäden deutlich unter denen des Grünlandes liegen. Beim Grünland setzen sich die Schäden zu den Terminen unterschiedlich zusammen. Während bei der zeitigen Frühjahrüberflutung besonders die Ertragsverluste vornehmlich durch Wachstumsverzögerung maßgebend sind, überwiegen bei der Sommerflutung die Mehrkosten durch die Grünlanderneuerung zuzüglich der dadurch verursachten Ertragseinbußen im Folgejahr. Die Mehrkosten fallen dabei gleichermaßen bei intensiver wie extensiver Grünlandnutzung an, sodass die relative Schadendifferenz zwischen extensiv und intensiv bei Sommerflutung (auch späte Frühjahrsflutung) geringer ausfällt.

Welche Schäden insgesamt in den Poldern auftreten, hängt von der jeweiligen Anbaustruktur ab. Angesicht der Unterschiede zwischen den Fruchtarten und Intensitäten erscheint der vermehrte Anbau von Kulturen mit vergleichsweise geringen Schäden zur Schadenminimierung im Hochwasserfall opportun, im Extrem die völlige Flächenstilllegung. Dem stehen jedoch Einkommenseinbußen, Wertschöpfungsminderung bzw. Arbeitskräfteabbau entgegen. Für Flutungspolder bei Extremhochwasser betragen diese Einkommensverluste ein Vielfaches der möglichen Schadenminderung, da letztere nur alle 100 oder mehr Jahre realisiert werden können, die Einkommenseinbußen jedoch jährlich anfallen. Soweit die schadenmindernde Anbauanpassung staatlich auferlegt würde, wären die Einkommenseinbußen auszugleichen, während der Schadenausgleich im Hochwasserfall optional ist. Der Gesellschaft entstünden dadurch deutlich höhere Kosten. Eine derartige Anbauoptimierung scheidet daher - zumindest für die Flutungspolder bei Extremhochwasser - von vornherein als ökonomisch nicht vertretbare Anpassungsalternative aus. Gleichwohl werden in Punkt 5.3 die Auswirkungen einer Ackerlandumwandlung in Grünland überschlägig eingeschätzt, zumal der Gesetzentwurf zum vorbeugenden Hochwasserschutz (vgl. BMU 2004) eine Einstellung des Ackerbaues in Überschwemmungsgebieten vorsieht.

Grundsätzlich sind betriebliche Anpassungsreaktionen im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen stark eingeschränkt. Hierfür ist die verfügbare Reaktionszeit maßgeblicher Grund. Größtenteils bestehen keine oder sehr begrenzte Handlungsspielräume. Gleichwohl sind vornehmlich durch ein optimiertes

Ablauf-, Zeit- und Informationsmanagement schadenmindernde Anpassungen möglich. Hierzu zählen bspw. die vorgezogene Grüngutbergung, die Viehevakuierung etc.

5.2 Ergebnisse Havelniederung

5.2.1 Hochwasser 2002 - Folgen für die Landwirtschaft

Die Tab. 5-4 zeigt die Folgen des Hochwassers 2002 für die Landwirtschaft im brandenburgischen Bereich der Unteren Havel, die in Auswertung der Antragsunterlagen zum Bund-Länder-Soforthilfe-Programm (vgl. MLUR 2003) zusammengestellt wurden.

Tab. 5-4: Hochwasserschäden im brandenburgischen Bereich des Havelgebietes (Quelle: MLUR 2003)

	Havel, gesamt*		**darunter Polderbetriebe****		**darunter Fischer**	
Kategorie	**Mio. €**	**%**	**Mio. €**	**%**	**Mio. €**	**%**
Schaden	5,07	100	3,28	100	0,47	100
Davon Flächenschäden	4,33	85,5	2,63	80,3	0,45	96,1
davon Ernteausfälle	*3,18*	*62,7*	*2,00*	*61,2*	*0,17*	*36,9*
Wiederherstellung	*1,15*	*22,8*	*0,63*	*19,1*	*0,28*	*59,2*
Gebäude, Masch., Anlagen, Wege	0,12	2,5	0,08	2,3	0,02	3,2
Vorräte, Betriebsmittel	0,14	2,8	0,13	4,1	-	-
Evakuierung	0,28	5,4	0,26	7,8	-	-
davon Transport	*0,08*	*1,6*	*0,07*	*2,2*	-	-
Leistungsdepression Vieh	*0,09*	*1,7*	*0,09*	*2,6*	-	-
Pension	*0,11*	*2,1*	*0,10*	*3,0*	-	-
Sonstiges	0,19	3,8	0,18	5,5	0,00	0,6
Ausgleichzahlungen	3,65	72,0	2,38	72,7	0,45	94,7

* inkl. Betriebe in Rückstaubereichen
** Betriebe mit Teilflächen in Flutungspoldern

Insgesamt belief sich der angegebene Schaden auf ca. 5 Mio. €. Davon entfallen auf 38 Betriebe, die zumindest Teilflächen in den Flutungspoldern haben, ca. 3,3 Mio. €, auf 6 Fischereibetriebe knapp 0,5 Mio. €.

Der Ausgleich der Hochwasserschäden aus Bundes- und Landesmitteln unterlag einer 50%-Regelung, d.h., entstandene Schäden wurden zur Hälfte durch die öffentliche Hand kompensiert. Nur für Schäden, die direkt durch die Zwangsflutung (Polderflächen, Fischbestand) entstanden, erfolgte ein Ausgleich von bis zu 100 %. Mit diesem Vorgehen konnten Liquiditätslücken weitgehend geschlossen und drohende Existenzgefährdungen betroffener Betriebe abgewandt werden. In einigen Fällen wurden zusätzliche Mittel aus Spenden ausgereicht, wobei jedoch in keinem Fall eine Überkompensation des ausgewiesenen Schadens erfolgte.

Ein Rechtsanspruch auf Schadenausgleich besteht nicht, zumal die Flutungspolder als Überschwemmungsgebiete festgesetzt sind. Der teilweise Ausgleich beruht auf einer politischen Fürsorgeentscheidung für die Betroffenen. Es ist davon auszugehen, dass auch künftig in vergleichbaren Katastrophensituationen ähnlich entschieden wird und öffentliche Mittel für Teilausgleiche bereitgestellt werden.

Das Gros entstandener Hochwasserschäden der Polderbetriebe (ca. 80 %) ist den „Flächenschäden" zuzurechnen, davon etwa 4/5 für Ertragsausfälle inkl. Ersatzfutterbeschaffung und 1/5 für zusätzliche Aufwendungen zur Wiederherstellung der Ertragsfähigkeit geschädigter Flächen. Ein Teil der in anderen Posi-

tionen (Vorräte, Pensionskosten, Sonstiges) aufgeführten Schäden ist sachlich eher den Flächenschäden zuzuordnen, sodass hierfür tatsächlich ein Anteil von ca. 90 % anzunehmen ist. Für die Evakuierung des Viehs sind abzüglich anteiliger Kosten für die Ersatzfutterbeschaffung ca. 5 % des Gesamtschadens zu veranschlagen, sodass ca. 5 % für die restlichen Positionen verbleiben.

Die Schäden waren weitgehend unvermeidbar. Gleichwohl hätten in einigen Fällen durch eine rechtzeitige Information über die wahrscheinliche Polderflutung und ein koordinierteres, planmäßigeres Vorgehen insbesondere Ernte- und Vorratsverluste (durch vorherige Bergung) sowie Evakuierungskosten eingespart werden können, was auch in Einzelbefragungen betroffener Landwirte bestätigt wurde. Auch hatte dabei die unterschiedlich ausgeprägte Gefahrenbewertung und Vorsorgereaktion der Landwirte Einfluss. Wie hoch der Anteil dieser subjektiven Faktoren war, ist schwer einzuschätzen. Er dürfte jedoch unter 10 % des Gesamtschadens liegen.

Für 21 Betriebe der Unteren Havel mit Polderflächen (Landkreis Havelland) erfolgte eine differenzierte Auswertung der Anträge auf Schadenausgleich, in der die Höhe der direkt den Polderflächen zurechenbaren Schäden eingeschätzt wird (Tab. 5-5).

Tab. 5-5: Auswertung einzelbetrieblicher Schadenermittlung in Flutpoldern* Brandenburgs (21 Landwirtschaftsbetriebe des Landkreises Havelland)

Kennzahl	**ME**	**gesamt**	**je Betrieb**		
			MITTEL	**MIN.**	**MAX.**
Betrieblich genutzte Fläche, gesamt	ha LF	5.878	280	7	1.640
dav. HW-betroffene Fläche**	ha/LF	4.789	228	6	1.487
dto. von LF, ges.	%	81	81	48	100
dav. betroffen in Flutungspoldern	ha/LF	3.140	150	4	1.169
dto. von LF, ges.	%	53	53	5	100
dav. AL	ha	1.519	72	0	709
dto. von Polder-LF	%	48	48	0	100
Schaden, gesamt	€	2.897.139	137.959	3.130	1.213.147
dto. je betroffene LF	€/ha	605	605	279	1.407
dav. Flächenschaden***	€	2.546.195	121.247	2.520	1.011.429
dto. von Schaden, ges.	%	88	88	59	100
dav. direkter Schaden Polderfläche	€	1.771.393	84.352	2.520	701.396
dto. von Schaden, gesamt	%	61	61	16	100
dto. je betroff. Polderfläche	€/ha LF	564	564	171	1.368
dav. direkter Schaden Polder-GL	€	1.021.073	48.623	2.520	402.587
dto. je betroffenes GL	€/ha GL	630	630	210	1.371
dav. Ertragsverluste	€/ha GL	414	414	171	1.077
dav. Wiederherstellung	€/ha GL	216	216	0	404
dav. direkter Schaden Polder-AL	€	750.320	35.730	3.740	298.809
dto. je betroffenes AL	€/ha AL	494	494	231	1.950
dav. Ertragsverluste	€/ha AL	437	437	203	1.750
dav. Wiederherstellung	€/ha AL	57	57	0	229

* Schafhorst, Twerl, Flöthgraben (tw.)
** in Schadenermittlung einbezogen (inkl. Vordeich- bzw. Rückstauflächen außerhalb der Flutungspolder)
*** Ertragsverluste, Ersatzfutterbeschaffung, Wiederherstellungskosten

Im Mittel der Betriebe waren 81 % der Betriebsfläche durch Hochwasser geschädigt, 53 % durch Flutung der Polder. D.h., etwa ein Drittel der geschädigten Fläche betraf Flächen außerhalb der Polder, deren Schäden weitgehend flutungsunabhängig sind.

Der mittlere Schaden durch Ertragsverluste und Wiederherstellungskosten je Hektar betroffener LF, d.h. in die Schadenermittlung einbezogene, landwirtschaftlich genutzter Flutungspolderfläche, beträgt 564 €/ha. Bemerkenswert ist, dass je Hektar betroffenes Grünland 136 €/ha mehr an Schaden als je Hektar Ackerland ermittelt wurde. Grund hierfür ist, dass ein Großteil des Ackerlandes (Getreide) zum Zeitpunkt der Flutung bereits abgeerntet war. Demgegenüber wurde der Aufwuchs des Grünlandes infolge der langen Überflutungsdauer bei hohen Temperaturen derart geschädigt, dass überwiegend eine Neuansaat mit den entsprechenden Wiederherstellungskosten und Ertragsverlusten für das Folgejahr anzusetzen waren.

Die - besonders auf den überfluteten Grünlandflächen - ablaufenden Fäulnisprozesse mit dem damit verbundenen Sauerstoffverbrauch im stehenden Wasser führten in den Poldern und bei Rückfluss des überwiegend sauerstofflosen Wassers in den Gewässern zum Fischsterben (vgl. KNÖSCHE 2002). Schad- und Nährstoffeintrag vom Acker war nicht Ursache für die Fischverluste, zumal zum Zeitpunkt der Überflutung diese Stoffe weitgehend schon von den Pflanzen verbraucht bzw. abgebaut waren. Ein verzögerter Wasserrückfluss aus den Poldern hätte möglicherweise zu geringeren Fischverlusten geführt (geringere O_2-Reduzierung in den Gewässern), ohne dass die landwirtschaftlichen Verluste deutlich gestiegen wären.

Zusammenfassend, verallgemeinernd und schlussfolgernd ist aus der Schadenauswertung des Hochwassers und der Havelpolderflutung 2002 Folgendes festzuhalten:

- Die durch die Flutung für die Landwirtschaft entstandenen Schäden waren überwiegend unvermeidbar. Etwa 90 % entfallen auf Flächenschaden, d.h. Ertragsverluste und Wiederherstellungskosten. Der Anteil an vermeidbaren Schäden ist mit weniger als 10 % einzuschätzen.
- Reserven zur Schadenvermeidung bestanden hauptsächlich in der Planung und Koordinierung der Flutung inkl. der Rückführung des Wassers. Die überwiegende Ackernutzung der Flutungspolder erhöhte nicht den Schaden, sondern wirkte schadenmindernd. Die Forderung nach (extensiver) Grünlandnutzung in Flutungspoldern für Extremhochwasser (HW 100) kann somit nicht bestätigt und generalisiert werden. Vielmehr bedarf es zeit- und standortdifferenzierter Betrachtungen, um hochwasserschutzzielkongruente Nutzungen zu postulieren und zu protegieren.
- Mit der Kalkulation der Ertragsverluste (respektive Kosten der Ersatzfutterbeschaffung) und der Kosten für die Flächenwiederherstellung lassen sich mindestens 90 % der landwirtschaftlichen Flutungsschäden relativ genau anhand der Analyse der vorliegenden Nutzung der betroffenen Flächen und unter Beachtung des Zeitpunktes und der Andauer der Flutung vorherschätzen.
- Evakuierungskosten und sonstige Schäden (Technik, Gebäude, Wege, Gutachten etc.) sind sehr differenziert und schwer vorherzuschätzen. Bei der Schadenermittlung wäre hierfür ein pauschaler Zuschlag von etwa 10 % der Flächenschäden anzusetzen.
- Die außerhalb der Flutungspolder auftretenden Schäden im Hochwasserfall (Vordeichflächen und sonstige Rückstau-/Qualmwasserareale) sind, auch wenn sie nicht direkt mit der Flutung in Verbindung stehen, bei der Bewertung der Auswirkungen zu beachten. Zumindest sollte die dadurch entstehende zusätzliche Betroffenheit einzelbetrieblich im Hinblick auf die verminderte Anpassungsfähigkeit und das Existenzgefährdungspotential eruiert werden.

5.2.2 Nutzungssituation, Betroffenheit

Die Höhe der Schäden durch Flutung ist maßgeblich von der Art und Intensität der Landnutzung abhängig (s. o.). Aus Abb. 5-3 sind die derzeitigen Nutzungsanteile an der LF für das gesamte Havelpoldergebiet ersichtlich. Die Angaben beziehen sich alleinig auf die Polderfläche.

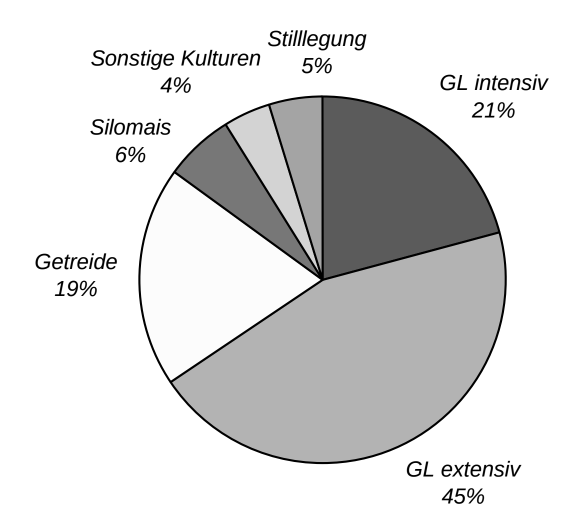


Abb. 5-3: Nutzungsanteile an der gesamten LF im Havelpoldergebiet

Die natürlichen Standortvoraussetzungen und betriebliche Faktoren bestimmen die einzelnen Nutzungsanteile. Insofern ist der Grünlandanteil mit knapp zwei Drittel an der LF für Brandenburger Verhältnisse sehr hoch und schwankt zwischen den Poldern von 52 % (Vehlgast) bis 79 % (Kümmernitz). Dabei wird das Grünland überwiegend (68 %) extensiv im Rahmen von Agrarumweltprogrammen bzw. des Vertragsnaturschutzes insbesondere mit Mutterkühen und Jungrindern genutzt (60 ... 75 % in Poldern). Beim Ackerbau überwiegt der Getreideanbau (56 % vom Ackerland) - vornehmlich Wintergetreide, gefolgt vom Silomaisanbau, der mit ca. 15 % vom Ackerland trotz des hohen Grünlandanteiles überdurchschnittlich vertreten ist. Dies besonders, weil Futterbaubetriebe mit Milchviehhaltung und Silomaisfütterung im Territorium stark vertreten sind (siehe Tab. 5-6). Sonstige Kulturen - hier vorwiegend Ölfrüchte und Eiweißkulturen - nehmen ca. 12 % des Ackerlandes ein. Der annähernd gleiche Anteil entfällt auf Ackerlandstilllegung. Extensive bzw. ökologische Ackernutzung ist kaum vertreten (ca. 2 %).

Wie die Auswertung der Struktur und Betroffenheit der brandenburgischen landwirtschaftlichen Betriebe im Gebiet (Tab. 5-6) zeigt, liegt der Anteil an Polderflächen an der gesamten Betriebsfläche im Mittel bei 32 %, schwankt jedoch im Extrem von 1 bis 100 %. Immerhin hat ein knappes Drittel der Haupterwerbsbetriebe über die Hälfte ihrer Fläche in den Flutungspoldern zu liegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sie meist zusätzlich Fläche auch in Vordeich- und Rückstaubereichen bewirtschaften, sodass sie im Hochwasserfall sehr stark betroffen sind.

Die Betroffenheit und Struktur der Betriebe ist besonders für mögliche schadenmindernde betriebliche Anpassungen ausschlaggebend. Sie sind hauptsächlich bei der Einschätzung der Möglichkeit und der Auswirkungen von Nutzungsänderungen durch Nutzungsauflagen oder häufig eintretende Nutzungsbeschränkungen, wie bei der „Ökologischen Flutung", zu berücksichtigen. So sind die Einkommenseinbußen bei Milchviehbetrieben mit hohen Anforderungen an Intensität und Qualität der Futterflächennutzung durch flutungsbedingte Beeinträchtigungen besonders hoch und Möglichkeiten von Nutzungsänderungen (Extensivierung, Ackerlandumwandlung in Grünland) stärker begrenzt.

Insofern lässt der hohe Anteil an stark betroffenen Futterbau-Milchviehbetrieben im Gebiet ernste Konflikte bei „Ökologischer Flutung" erwarten. Bei 4 Betrieben ist eine Existenzgefährdung, zumindest jedoch eine Einstellung der Milchproduktion mit Arbeitskräfteabbau, wahrscheinlich.

Zum anderen besteht bei den Marktfruchtbetrieben eine geringe Anpassungsmöglichkeit an eine flutungs- oder auflagenbedingte Umwandlung von Ackerland in Grünland bzw. sie ist mit vergleichsweise hohen Einbußen bzw. Anpassungskosten verbunden.

Tab. 5-6: Struktur und Betroffenheit brandenburgischer Betriebe mit Flächen in Flutungspoldern

Kriterium	**Anzahl**	**Gesamtfläche [ha LF]**	**Fläche je Betrieb [ha LF]**		
			MITTEL	**MIN.**	**MAX.**
Betriebe, gesamt	46	16.098	350	5	3.851
Fläche in Polder	46	5.171	112	0,5	1.044
HE-Betriebe, gesamt	34	15.941	469	7	3.851
Fläche in Polder	34	5.091	150	1	1.044
HE-Betriebe mit > 50 % Polderfläche	11	3.752	341	7	1.640
dar. FB-Milch	*5*	*2.851*	*570*	*99*	*1.640*
FB-extensiv	*4*	*637*	*159*	*76*	*226*
MF	*2*	*300*	*150*	*7*	*293*
HE-Betriebe mit 25 bis 50 % Polderfläche	9	3.376	375	37	1.658
dar. FB-Milch	*2*	*1.789*	*895*	*140*	*1.658*
FB-extensiv	*2*	*309*	*155*	*128*	*181*
MF	*1*	*964*	*964*		
HE mit < 25 % Polderfläche	14	8.813	630	68	3.851

Erläuterung: HE = Haupterwerbsbetrieb, FB = Futterbau, MF = Marktfrucht
Quelle: Antragsdaten Agrarförderung 2001/2

Der Umfang der in den untersuchten Szenarios überfluteten und in die Schadenermittlung einbezogenen landwirtschaftlich genutzten Fläche für die Havelpolder geht aus Tab. 5-7 hervor.

Tab. 5-7: Betroffenheit landwirtschaftlich genutzter Flächen durch Flutung nach Szenario und Polder

Kennzahl [ME]	**Polder**							
	Warnau	**Kümmernitz**	**Trübengraben**	**Schafhorst / Twerl**	**Große Grabenniederung**	**Vehlgast**	**Flöthgraben**	**Gesamt**
HSZ-H 1								
LF [ha]	571	158	1108	2204	-	414	653	5173
GL [%]	65	82	82	58	-	58	80	67
HSZ-H 2								
LF [ha]	597	183	1143	2412	1920	755	765	7775
GL [%]	63	80	81	58	78	55	62	68
HSZ-H 3 HW 2								
LF [ha]	129	22	166	856	544	323	288	2327
GL [%]	86	100	100	78	89	79	90	84

Das Szenario H 1 entspricht der Flutungssituation 2002. Im Szenario H 2 sind wegen der darüber hinausgehenden Überflutungssituation weitere landwirtschaftliche Flächen betroffen, wovon 74 % der Mehrfläche gegenüber H 1 aus der zusätzlichen Flutung des Polders Große Grabenniederung resultieren. Bei „Ökologischer Flutung" sind im Falle eines HW 2 nur 30 % der Fläche des Extremsszenarios H 2 überflu-

tet. Da das Grünland meist niedriger als das Ackerland gelegen ist, wird es durch die Flutung stärker betroffen. Dies macht sich besonders bei niedrigerem Flutungspegel bemerkbar. Während im Szenario H 2 bei 90 % überfluteter LF an der Gesamt-LF das Grünland zu 94 % und das Ackerland zu 83 % betroffen ist, sind es beim HW 2 35 % des Grünlandes und nur 12 % des Ackerlandes (27 % der LF).

5.2.3 Auswirkungen von Hochwasserereignissen und Flutungsoptionen

Die Ergebnisse der Kalkulationen zu den Flächenschäden sind - zunächst für die **Extremhochwasserszenarios H 1 und H 2** - in Tab. 5-8 und Tab. 5-9 für das Gesamtgebiet zusammengestellt, in Abb. 5-4 nach Poldern für Szenario 2. Abb. 5-5 verdeutlicht die Schadenunterschiede zwischen Grün- und Ackerland bei den 4 Zeitvarianten im Mittel der Polder.

Tab. 5-8: Flächenschaden Szenario H 1 - Havelpolder, gesamt

Zeitpunkt / Variante	**Flächenschaden**				
	Mio. €	**€ je Jahr**	**MIN** ***Polder***	**MITTEL** ***Gebiet***	**MAX** ***Polder***
	Flutungsjahr	**HW 180**	**[€ je ha betroffene LF im Flutungsjahr]**		
< 15./16. Woche	1,47	8.140	260 *Flöthgraben*	281	311 *Vehlgast*
> 15./16. Woche	2,40	13.356	447 *Flöthgraben*	470	483 *Vehlgast, Warnau*
< 29./30. Woche	3,08	17.134	556 *Flöthgraben*	605	622 *Schafhorst, Twerl*
> 29./30. Woche	2,20	12.204	392 *Vehlgast*	422	455 *Trübengraben, Kümmernitz*

Tab. 5-9: Flächenschaden Szenario H 2 - Havelpolder, gesamt

Zeitpunkt / Variante	**Flächenschaden**				
	Mio. €	**€ je Jahr**	**MIN** ***Polder***	**MITTEL** ***Gebiet***	**MAX** ***Polder***
	Flutungsjahr	**HW 180**	**[€ je ha betroffene LF im Flutungsjahr]**		
< 15./16. Woche	2,26	12.530	260 *Flöthgraben*	294	311 *Vehlgast*
> 15./16. Woche	3,70	20.578	446 *Flöthgraben*	478	499 *Gr. Graben*
< 29./30. Woche	4,73	26.303	555 *Flöthgraben*	612	633 *Gr. Graben*
> 29./30. Woche	3,39	18.807	392 *Vehlgast*	431	469 *Gr. Graben*

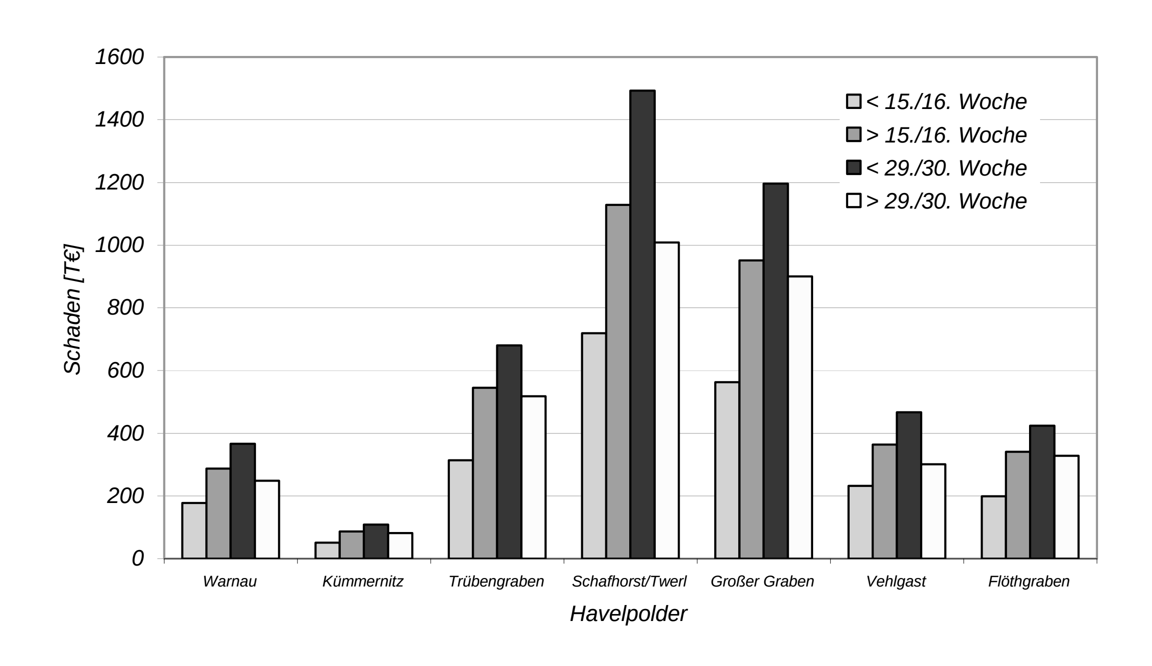


Abb. 5-4: Flächenschäden für Szenario H 2 im Flutungsjahr nach Poldern

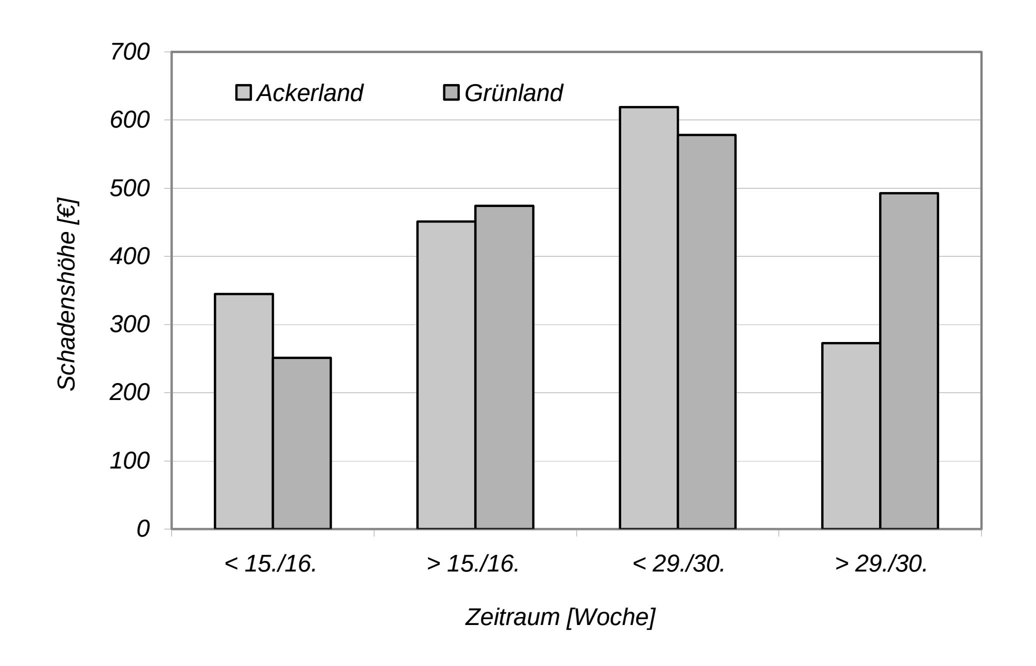


Abb. 5-5: Schadenhöhen auf Ackerland und Grünland in Abhängigkeit vom Flutungszeitpunkt

Die Ergebnisse sind wie folgt zusammenzufassen und zu kommentieren:

- Gegenüber dem Szenario H 1 analog dem 2002er Hochwasser ist bei Szenario HSZ-H 2 aufgrund des größeren Umfangs überfluteter Fläche mit einem ca. 1,5-fach höheren Schaden zu rechnen.
- Je nach jahreszeitlichem Eintreffen des Hochwassers differiert der Flächenschaden beträchtlich. Bei einem Sommerhochwasser vor Ernte der Druschfrüchte ist der Schaden etwas über das Doppelte höher, als bei einem zeitigen Frühjahrshochwasser.

- Zwischen den Poldern differiert der Schaden je Hektar betroffener Fläche infolge der unterschiedlichen Flächennutzung je nach Eintreffenszeitpunkt zwischen 8 und 20 %. Ausschlaggebend sind hierfür der variierende Grünlandanteil und die Struktur der Ackernutzung, besonders der Anteil von Stilllegung und Silomais. So weist der Polder Flöthgraben mit hohem Grünlandanteil in den 3 ersten Zeitvarianten, Polder Vehlgast mit dem geringsten Grünlandanteil zum Nacherntetermin (Schäden bei Druschfrüchten geringer als bei Grünland - s. Abb. 5-6) die niedrigsten flächenbezogenen Schäden auf. Die Schadenmaxima sind Resultante des vergleichsweise hohen Ackerlandanteiles (Vehlgast, Warnau zum 1., 2. Termin), des geringen Stilllegungsanteiles und hohen Maisanbaus (Großer Graben, Twerl/Schafhorst zum 2., 3. Termin) sowie des hohen Grünlandanteils (Großer Graben - zusätzlich Silomais -, Trübengraben, Kümmernitz zum 4. Termin).
- Die Unterschiede der absoluten Schäden in den Poldern (Abb. 5-4) folgen hauptsächlich und selbstverständlicher Weise dem Umfang der betroffenen Fläche in den Poldern.
- Der jährlich anzusetzende Flächenschaden beträgt infolge der geringen Eintreffenswahrscheinlichkeit des Hochwassers von 0,0056 (1/180 Jahre) selbst im extremsten Szenario **nur ca. 26 T€**.
- Entsprechend der mittleren Anbau- und Nutzungsstruktur in den Poldern ist der Schaden für das Grünland sowohl bei später Frühjahrflutung als auch und insbesondere bei Flutung nach Ernte der Druschfrüchte höher als beim Ackerland.
- Wenn auch nicht direkt vergleichbar, ist aus der Gegenüberstellung der ermittelten Schäden für die 4. Zeitvariante des HSZ-H 1 mit der Auswertung der Schadenermittlung im Rahmen des Soforthilfeprogramms zum Hochwasser 2002 (siehe Tab. 5-5) abzuleiten, dass die unterstellten Schadenansätze (siehe Tab. 5-3) eher zu knapp als zu hoch bemessen sind. Sie sind jedoch unter Berücksichtigung eines optimalen Hochwassermanagements (schadenmindernde betriebliche Anpassung/Vorsorge) als zutreffend anzusehen.

Eine Kosten-Nutzen-Bewertung aus der Gegenüberstellung des Schadenpotenzials zum Schadenminderungspotenzial bei Unterliegern ist nicht Aufgabe dieses Teilprojektes. Gleichwohl kann aus dem Bezug des landwirtschaftlichen Schadenpotenzials zu den möglichen Aufnahmekapazitäten bei Flutung eine tendenzielle Aussage zur **Effizienz der Flutungsmaßnahme** für die einzelnen Polder getroffen werden.

In Abb. 5-6 ist die „Flutungseffizienz“ (€ landwirtschaftlicher Flächenschaden/1000 m³ Wasseraufnahmekapazität) für das HSZ-H 2 vergleichend dargestellt.

Danach weist der Polder Großer Graben in allen Zeitvarianten die schlechteste Effizienz (höchster Schaden/1000 m³) auf. Insofern ist die Nichtflutung dieses Polders zum 2002er Hochwasser aus landwirtschaftlicher Sicht als richtige Entscheidung nachträglich zu bestätigen.

Im Mittel aller Polder und Zeitvarianten beträgt die Flutungseffizienz ca. 31 €/1000 m³, zuzüglich eines 10%igen Zuschlages für die nicht direkt den Flächen zuordenbaren Schadenpositionen 34 €/1000 m³. Die Extremwerte schwanken im Bereich von 17 bzw. 19 (Flöthgraben, zeitiges Frühjahrshochwasser) bis 46 bzw. 51 €/1000 m³ (Großer Graben, Sommerflutung vor Ernte Druschfrüchte).

Die Entscheidung zur Polderflutung wird selbstverständlich auch von anderen Faktoren bestimmt (Bedarf an Flutungskapazität, nicht landwirtschaftliche Schäden etc.). Gleichwohl ist die ausgewiesene „Flutungseffizienz“ bei der Entscheidung für die Auswahl der Polder heranzuziehen, soweit die Nichtflutung von Polder überhaupt zur Disposition steht.

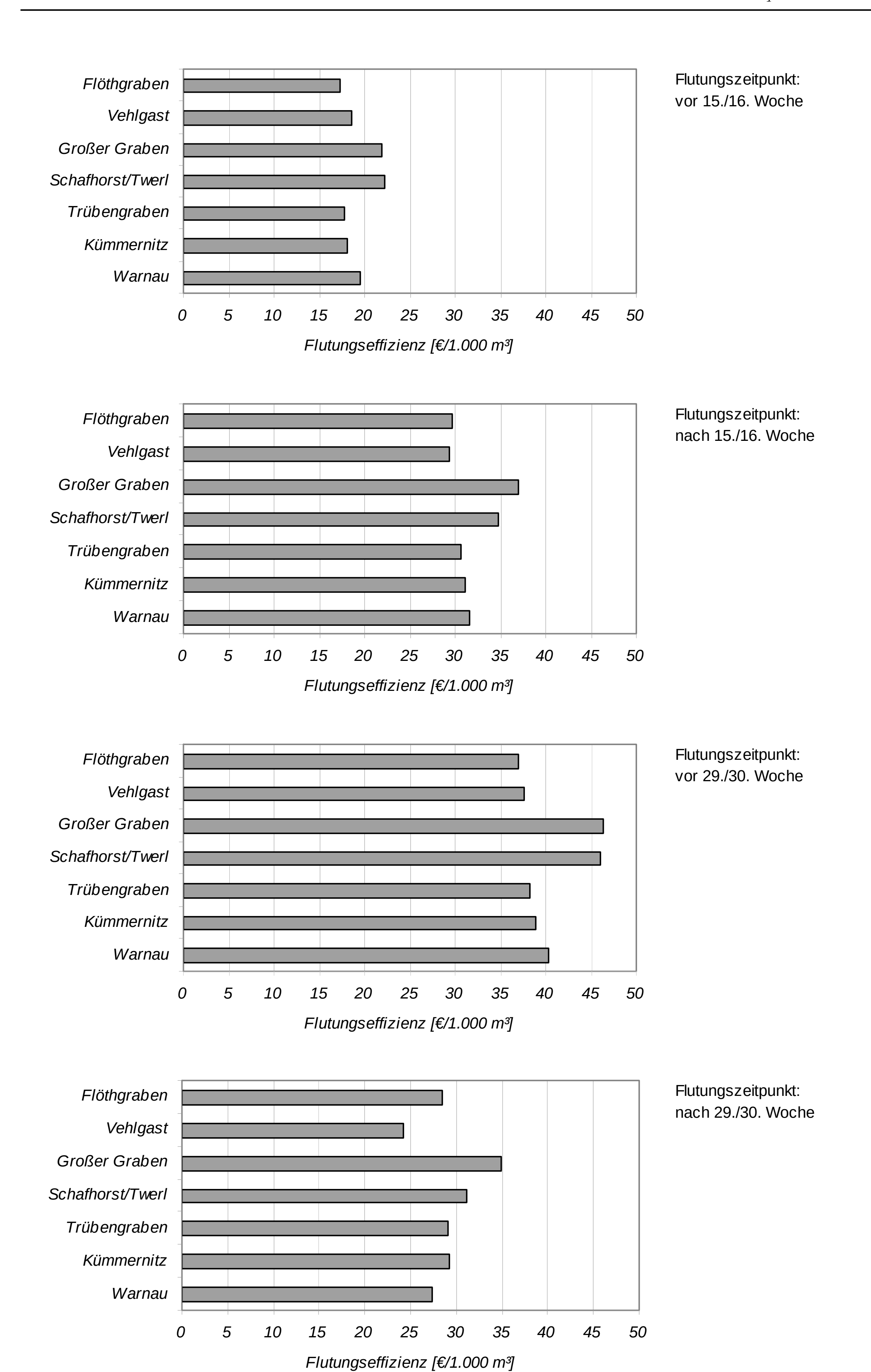


Abb. 5-6: Flutungseffizienz der Polder im Vergleich (HSZ-H 2)

Für die Gegenüberstellung zu möglichen Kosteneinsparungen bei Unterliegern sind bei Flutung aller Polder unter Berücksichtigung des 10%igen Zuschlages für die nicht direkt den Flächen zuordenbaren Schadenpositionen die in Tab. 5-10 angegebenen Schäden anzusetzen.

Tab. 5-10: Gesamtschaden bei Flutung aller Havelpolder in Mio. €

Zeitpunkt	< 15./16. W.	> 15./16. W.	< 29./30. W.	> 29./30. W.	Mittel
HSZ- H 1*	1,62	2,64	3,39	2,42	2,52
HSZ- H 2	2,49	4,07	5,20	3,73	3,87

* ohne Polder Großer Graben

Bei **„Ökologischer Flutung"**, d.h. Flutung ab einem Pegel entsprechend eines HW 2 (HSZ H 3), betragen die absoluten Flächenschäden im Flutungsjahr (alle 2 Jahre) - trotz der anteiligen Berücksichtigung der Schäden bei stärkeren Hochwasser auf zusätzlich betroffener Fläche - etwa 60 % der Schäden des Extremhochwassers des HSZ-H 2 (Tab. 5-11).

Tab. 5-11: Flächenschäden bei „Ökologischer Flutung" (HSZ-H 3 - HW 2)

Zeitpunkt / Variante	Flächenschaden				
	Mio. €	Mio. € je Jahr	MIN	MITTEL	MAX
	Flutungsjahr	HW 2	[€ je ha betroffene LF im Flutungsjahr]		
< 15./16. Woche	1,34	0,67	252	276	305
> 15./16. Woche	2,20	1,10	467	475	482
< 29./30. Woche	2,72	1,36	575	599	617
> 29./30. Woche	2,08	1,04	403	457	492

Letztlich entscheidend für den Vergleich zum Extremhochwasser sind jedoch die Schäden, die den Landwirten jährlich entstehen. Diese liegen um mehr als das **50-fache** (51 bis 55-fache) höher als bei Polderflutung im Falle des Extremhochwassers!

Angesicht dieser Relationen muss aus landwirtschaftlicher Sicht die „Ökologische Flutung" strikt abgelehnt werden.

Selbst wenn man berücksichtigt, dass sich bei häufiger Überflutung die Grünlandbestände besser den Flutungsbedingungen anpassen und sich Schäden im Flutungsfall gegenüber den unterstellten reduzieren, ändert dies nichts an der Größenrelation zur Flutung nur bei Extremhochwasser. Es ist im Gegenteil mit deutlich höheren Einkommenseinbußen für die Landwirte zu rechnen, da die sich dann entwickelnden Grünlandbestände deutlich wertgemindert sind, wie dies bereits bei der Nutzung des derzeitigen Vordeichgrünlandes zu konstatieren ist. Im Vergleich zum jetzigen Vordeichgrünland werden sich jedoch aufgrund der in den Poldern länger anhaltenden Überstauung und der abweichenden Bodenverhältnisse (Niedermoor) mit großer Wahrscheinlichkeit schlechter verwertbare Pflanzenbestände einstellen. Folge ist, dass diese vorwiegend aus Binsen, Seggen, Knickfuchsschwanz bestehenden Flächenareale völlig aus der Nutzung ausscheiden und der Wertschöpfung verloren gehen.

Inwieweit der ökologische Effekt für die Gesellschaft höher zu bewerten ist als die Einkommenseinbußen respektive daraus entstehender Kosten für den Ausgleich, ist nicht Gegenstand der Leistung.

5.3 Neuzeller Niederung

5.3.1 Nutzungssituation, Betroffenheit

Die Struktur und Standortbedingungen der landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Neuzeller Niederung sind ähnlich denen in den Havelpoldern. Wie Abb. 5-7 zeigt, dominiert mit ca. 59 % auch hier das Grünland. Der überwiegende Teil des Grünlandes (61 %) wird extensiv mit Jungrindern und Mutterkühen genutzt. Die Nutzung des Ackerlandes ist in der Niederung - auch wegen des etwas geringeren Grünlandanteiles - noch deutlich stärker auf den Futterbau ausgerichtet als in den Havelpoldern. So nimmt der Silomaisanbau knapp ein Drittel des Ackerlandes ein, während Getreide nur zu etwa 40 % angebaut wird. Maßgeblich hierfür ist, dass das Futter für die beiden größten Betriebe mit Milchviehhaltung und Bullenmast (ein Betrieb) hauptsächlich aus der Niederung gewonnen wird und wegen der hohen Futterqualitätsansprüche einer intensiven Nutzung des Grünlandes und eines hohen Silomaisanbaues bedarf. Für die Konzentration des Silomaisanbaus in der Niederung sprechen zudem betriebswirtschaftliche Gründe, da die Bullenmastställe direkt am Rande der Niederung gelegen sind und die Bodenbedingungen gegenüber den grundwasserfernen Standorten außerhalb der Niederung deutlich höhere Erträge garantieren.

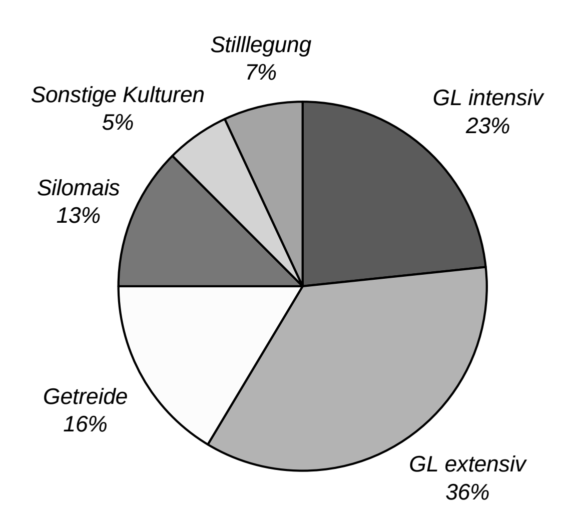


Abb. 5-7: Nutzungsanteile an der gesamten LF in der Neuzeller Niederung (inklusive Flussauegrünland)

Wenn auch wegen der überdurchschnittlichen Größe dieser beiden Betriebe nur ca. 17 % ihrer LF im Polder liegen (siehe Tab. 5-12), ist die Betroffenheit des Futterbaues (Milchviehhaltung/Bullenmast) durch Flutung daher besonders stark. Ebenso wäre eine Nutzensartenänderung (Ackerland/Silomais zu extensiven Grünland) mit überdurchschnittlichen Einkommenseinbußen verbunden.

Flächenanteilig stärker betroffen sind vornehmlich die kleinen Nebenerwerbsbetriebe. Lediglich ein Haupterwerbsbetrieb mit Hauptrichtung Marktfruchtbau hat über 50 % seiner Fläche im Polder.

Der von den Partnern ermittelte Umfang der überfluteten und in die Schadenermittlung einbezogenen landwirtschaftlich genutzten Fläche sowie der Grünlandanteil gehen aus Tab. 5-13 hervor.

Hervorzuheben ist, dass bei den „Ökologischen Flutungsvarianten" bereits bei einem HW 1 (HSZ-O 2) 75 bzw. 68 % (DV 2) der gefluteten Fläche des 200jährigen Extremhochwassers (HSZ-O 1 = HW 1997) betroffen ist. Im Vergleich dazu beträgt im Mittel der Havelpolder der Flächenanteil nur ca. 30 % (HW 2 zu extrem). Bei einem HW 5 wird fast die gleiche Fläche wie bei dem Extremhochwasser überflutet.

Tab. 5-12: Struktur und Betroffenheit der Betriebe mit Flächen in der Neuzeller Niederung

Kriterium	**Anzahl**	**Gesamtfläche [ha LF]**	**Fläche je Betrieb [ha LF]**		
			MITTEL	**MIN**	**MAX**
Betriebe, gesamt	20	9.802	490	1	5.435
Fläche in Polder	20	1.381	69	0,4	861
HE-Betriebe, gesamt	6	9.685	1.614	14	5.435
Fläche in Polder	6	1.345	224	1	861
Betriebe mit > 50 % Polderfläche	4	211	53	1	198
dar. HE (MF)	*1*	*198*	*198*		
Betriebe mit 25 bis 50 % Polderfläche	7	70	10	3	20
dar. HE	*0*	*0*			
Betriebe mit 10 bis < 25 % Polderfläche	3	7.203	2.401	9	5.435
dar. HE (FB-MF mit Milch)	*2*	*7.194*	*3.597*	*1.759*	*5.435*
HE mit < 10 % Polderfläche	6	2.318	386	4	1.247
dar. HE	*3*	*2.294*	*765*	*14*	*1.247*

Erläuterung: HE = Haupterwerbsbetrieb, MF = Marktfrucht, FB = Futterbau
Quelle: Antragsdaten Agrarförderung 2001/2002

Tab. 5-13: Betroffenheit landwirtschaftlich genutzter Flächen nach Szenarios

Kennzahl / ME	**HSZ-O 1**		**HSZ-O 2**		**HSZ-O 3**		**HSZ-O 4**	
	DV 1	**DV 2**	**DV 1**	**DV 2**	**DV 1**	**DV 2**	**DV 1**	**DV 2**
LF [ha]	1.380	1.534	1.030	1.048	1.238	1.265	1.370	1.460
GL [%]	67	69	73	81	74	81	67	73

5.3.2 Auswirkungen von Hochwasserereignissen und Flutungsoptionen

Wie oben dargelegt, erfolgt die Ermittlung der ökonomischen Schäden über die flächenbilanzielle Hochrechnung der verfahrensspezifischen Schadenhöhen. Sämtliche Berechnungsergebnisse zu den möglichen Hochwasserschutzstrategien bestätigen alle bisher getroffenen Aussagen im Hinblick auf den Einfluss von Zeitpunkt, Wiederkehr und Flächenbetroffenheit - wobei die dazu führenden Gründe ebenfalls kongruent sind. Die Ergebnisse zum Szenario 1 enthält Tab. 5-14.

Die Schäden in Deichvariante 2 liegen wegen der größeren Flächenbetroffenheit im Flutungsjahr um 50.000 bis 90.000 € (10 bis 12 %) höher als bei Deichvariante 1. Der jährliche Schaden bewegt sich entsprechend der geringen Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 1/200 zwischen rund 2.000 und 5.000 €.

Die mittleren Schäden je Hektar betroffener Fläche im Flutungsjahr sind mit Ausnahme des letzten Zeitpunktes mit denen der Havelpolder vergleichbar. Der höhere Schaden je Hektar bei der 4. Zeitvariante (nach Ernte der Druschfrüchte) resultiert insbesondere aus dem höheren Silomaisanbau. Aufgrund dessen ist auch der Mehrschaden beim Grünland gegenüber dem Ackerland zu diesem Zeitpunkt nur noch gering (Abb. 5-8).

Tab. 5-14: Flächenschäden - HSZ-O 1 - Neuzeller Niederung

Zeitpunkt / Variante	**Flächenschaden**				
	Deichvariante 1		**Deichvariante 2**		**€ je ha betroffene LF im Flutungs-jahr ***
	Mio. € Flutungsjahr	**€/Jahr HW 200**	**Mio. € Flutungsjahr**	**€/Jahr HW 200**	
< 15./16. Woche	0,38	1.925	0,43	2.128	279
> 15./16. Woche	0,64	3.180	0,71	3.545	462
< 29./30. Woche	0,84	4.220	0,93	4.672	612
> 29./30. Woche	0,66	3.323	0,74	3.704	481

* Mittelwerte Deichvarianten

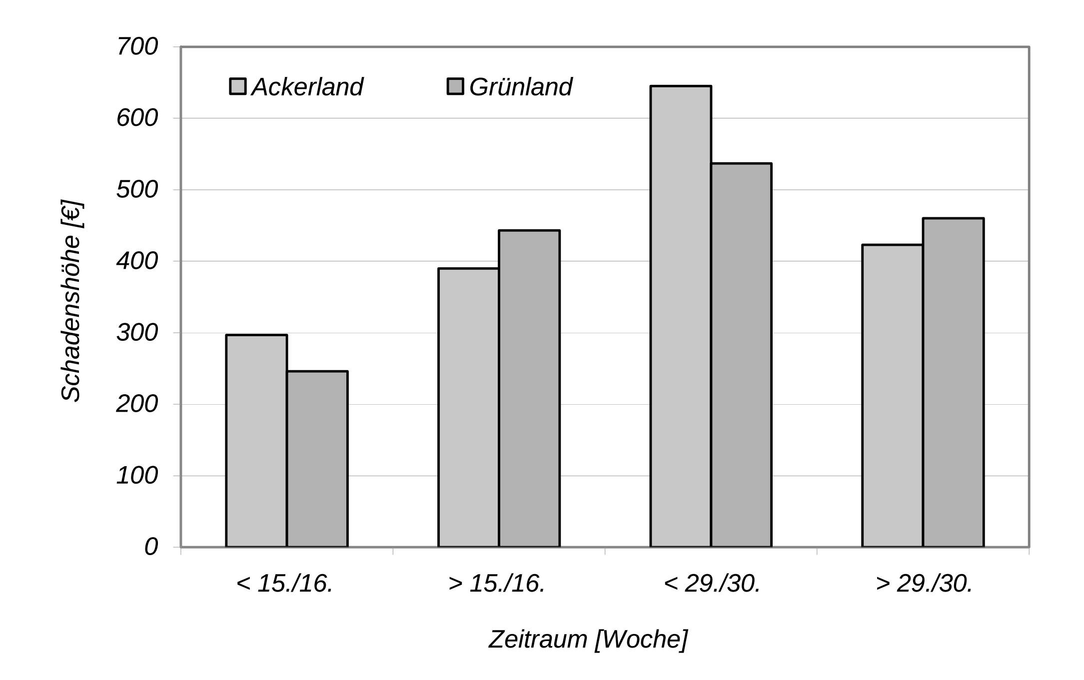


Abb. 5-8: Schadenhöhen auf Ackerland und Grünland in Abhängigkeit vom Flutungszeitpunkt (Neuzelle)

Für die Gegenüberstellung zu möglichen Kosteneinsparungen bei Unterliegern ist unter Berücksichtigung des 10%igen Zuschlages für die nicht direkt den Flächen zuordenbaren Schadenpositionen mit den in Tab. 5-15 angegebenen Schäden zu rechnen.

Tab. 5-15: bei Flutung der Neuzeller Niederung in Mio. €

Zeitpunkt	**< 15./16. W.**	**> 15./16. W.**	**< 29./30. W.**	**> 29./30. W.**	**Mittel**
HSZ-O 1 - DV 1	0,42	0,70	0,92	0,73	0,69
HSZ-O 1 - DV 2	0,47	0,78	1,02	0,81	0,85

Die Flächenschäden bei den **„Ökologischen Flutungsszenarios“** sind in Tab. 5-16 wiedergegeben.

Tab. 5-16: Flächenschäden bei „Ökologischer Flutung" - HSZ-O 2 bis –O4 - Neuzeller Niederung

Zeitpunkt / Variante	Flächenschaden						
	HW 1 (Mio. €)		HW 2 (Mio. €)		HW 5 (Mio. €)		€ je ha betroffene LF im Flutungsjahr*
	Flutungs-jahr	je Jahr	Flu-tungs-jahr	je Jahr	Flu-tungs-jahr	je Jahr	
Deichvariante 1							
< 15./16. Woche	0,32	0,32	0,36	0,18	0,38	0,08	318
> 15./16. Woche	0,54	0,54	0,61	0,30	0,64	0,13	522
< 29./30. Woche	0,71	0,71	0,80	0,40	0,84	0,17	698
> 29./30. Woche	0,57	0,56	0,64	0,32	0,68	0,14	551
Deichvariante 2							
< 15./16. Woche	0,33	0,33	0,38	0,19	0,42	0,08	343
> 15./16. Woche	0,57	0,57	0,65	0,32	0,70	0,14	571
< 29./30. Woche	0,73	0,73	0,84	0,42	0,92	0,18	753
> 29./30. Woche	0,59	0,59	0,68	0,33	0,73	0,14	606

* Mittelwerte über HW-Varianten

Der absolute Schaden im Flutungsjahr nimmt aufgrund der zunehmend betroffenen Fläche von HW 1 bis HW 5 zu. Der jährliche Schaden hingegen nimmt wegen der sinkenden Wiederkehrwahrscheinlich ab. Trotzdem beträgt er selbst bei Flutung ab einem Pegel entsprechend eines HW 5 immer noch das ca. **41-fache** (DV 1) bzw. **38-fache** (DV 2) als bei Flutung im Falle des Extremhochwassers. Bei Flutung ab HW 1 liegen die jährlichen Flächenschäden um das **168-fache** bzw. **158-fache** höher. Bei Flutung ab einem HW 2 ist mit **65**- bzw. **90-fach** höheren Schäden zu rechnen. Die Relation liegt wegen der höheren Flächenbetroffenheit deutlich über der der Havelpolder. Umso mehr sind auch hier die „Ökologischen Flutungsvarianten" aus landwirtschaftlicher Sicht nicht akzeptabel und abzulehnen (weitere Ausführungen siehe Kapitel 5.2.3). Die häufigere Überflutung, auch die Flutung ab einem HW 5, d.h. im Mittel aller 5 Jahre, lässt einen Ackerbau zumindest auf ca. 75 % des Ackerlandes im Polder nicht mehr zu. Daher kommen neben den Einkommenseinbußen durch Wertminderung der Grünlandflächen die mit der Umwandlung von Ackerland in Grünland entstehenden Erwerbsverluste (siehe Kapitel 5.4) hinzu.

5.4 Auswirkungen der Einstellung des Ackerbaues in den Poldern

Der Entwurf des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (vgl. BMU 2004) sieht innerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete die Einstellung der ackerbaulichen Nutzung bis zum 31. Dezember 2012 vor. Außerhalb von Abflussbereichen können Ausnahmen zugelassen werden, wobei eine ganzjährige Bodenbedeckung inkl. konservierende Bodenbearbeitung sicher zu stellen ist und die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmittel der möglichen Flutung angepasst (eingeschränkt) wird. Die Ausgestaltung inkl. Ausgleichregelungen erfolgt über Landesrecht.

Daher seien nachfolgend die Auswirkungen der Umwandlung von Ackerland in Grünland für die Untersuchungsgebiete überschlägig abgeschätzt, womit auch Entscheidungsgrundlagen für die Ausgestaltung und Ausgleichsregelungen gegeben werden.

Die Auswirkungen der Umwandlung in Grünland sind einzelbetrieblich sehr unterschiedlich, je nach Rentabilität der Acker- und Grünlandnutzung. Insbesondere letztere wird maßgeblich von der Verwertungsmöglichkeit des Grünlandes bestimmt, welche von der jeweiligen betrieblichen Faktorausstattung (Milchquote, Stallkapazität etc.) abhängt.

Für die Abschätzung wurden vereinfacht zwei alternative Varianten für das Grünland unterstellt:

- extensive Grünlandnutzung mit Mutterkühen bei Winterfreilandhaltung und
- mechanische Grünlandpflege mittels einmaliger Mahd, Abtransport des Mähgutes und Ausbringung auf Ackerland außerhalb der Polder.

Die erste Variante ist als „optimistische“ Alternative anzusehen, die gute Absatzmöglichkeiten des Rindfleischs und trittfeste Flächen in bzw. außerhalb der Niederung[16] voraussetzt. Die Grünlandpflegevariante geht von der Erhaltung der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand[17] bei fehlender Verwertungsmöglichkeit über Tiere aus.

Die sich aus der Deckungsbeitragsdifferenz zwischen Acker- und Grünlandnutzung ergebenden, je Hektar zu erwartenden Einbußen der Varianten betragen 163 bzw. 380 € (Tab. 5-17). Bei den Deckungsbeiträgen wurden auch die Kosten für die Arbeitserledigung (Lohn- und Maschinenkosten) von den Erlösen abgezogen, d.h. die Anpassung von Arbeitskräften (Arbeitskräfteabbau) und Technik ist bereits berücksichtigt. Auch blieben Prämienzahlungen ausgeklammert, d. h. es wurde von der für Deutschland vorgesehenen Umsetzung der GAP-Reform ausgegangen, wonach es ab dem Jahr 2012 eine einheitliche Flächenprämie für Acker- und Grünland geben soll. Für das Ackerland wurde der mittlere Deckungsbeitrag für Wintergetreide unterstellt, der annähernd das gewogene Mittel der Ackernutzung in den Untersuchungsgebieten repräsentiert. Die Einbußen für andere einzelbetriebliche Konstellationen bewegen sich - von Ausnahmen abgesehen - in dieser Spanne.

Tab. 5-17: Unterstellte Einbußen der Umwandlung von Ackerland in Grünland

Kennzahl	**ME**	**GL-Nutzung MK-WFH****	**GL-Pflege*****
entgangener Deckungsbeitrag* Ackerland	€/ha	130	130
Deckungsbeitrag* Grünland	€/ha	- 33	-250
Einbußen	€/ha	163	380

* Erlöse (ohne Prämien) abzgl. Direkt- und Arbeitserledigungskosten
** MK-WHF = mit Mutterkuh-Winterfreilandhaltung,
*** GL-Pflege = Mahd, Abtransport, Zwischenlagern, Ausbringen („Gründung“)

Wird nur das bei Extremhochwasser überflutete Ackerland umgewandelt, ergeben sich für die Extremhochwasserszenarios die in Tab. 5-18 angegeben jährlichen Einbußen für die Havelpolder und die Neuzeller Niederung.

Tab. 5-18: Einbußen bei Umwandlung von Ackerland in Grünland für die Extremszenarios Havelpolder, gesamt und Neuzeller Niederung

Flutungsszenarios	**HSZ-H 2**		**HSZ-O 1 – DV 1**	
Grünlandnutzungsvariante	**MK-WFH**	**Pflege**	**MK-WFH**	**Pflege**
Umfang der Umwandlung (ha Ackerland)*	2.450		460	
Einbußen (1000 €/Jahr)	399	931	75	175
Schadenreduzierung bei Flutung (1000 €/Jahr)**	1	5	0,	1
schadenkorrigierte Einbußen (1000 €/Jahr)	398	926	75	174

* nur überflutetes Ackerland
** Mittel der Zeitvarianten

[16] ausgeschlossen bei ökologischer Flutung und Standorten mit hohem Grundwasserstand im Winter

[17] Die Erhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustandes ist gemäß der Beschlüsse zur GAP-Reform (Cross Compliance) Voraussetzung für die Gewährung der Direktzahlungen.

Das Ergebnis belegt eindeutig die negativen wirtschaftlichen Auswirkungen der Einstellung von Ackerland in Überschwemmungsgebieten, die nur bei extremen Hochwasserereignissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 und mehr Jahren überflutet werden. Die durch die Umwandlung erzielbare Schadenminderung ist, wenn sie überhaupt eintritt (höhere Schäden auf Grünland bei Überflutung nach Ernte der Druschfrüchte, z. T. auch im späten Frühjahr!), im Vergleich zu den Einbußen nur marginal. Mit den Einbußen geht die Einkommensbasis für 20 bis 50 Arbeitskräfte in den Havelpoldern und für 3 bis 9 Arbeitskräfte in der Neuzeller Niederung verloren.

Angesicht dieser Relationen muss die Forderung nach Einstellung des Ackerbaues im Gesetzentwurf in Frage gestellt werden und erscheint - zumindest für die Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten - unbegründet. Bei der Umsetzung in Landesrecht sollte daher vom Ausgestaltungsspielraum Gebrauch gemacht und der Ackerbau nach guter fachlicher Praxis wenigstens außerhalb der Abflussbereiche zugelassen werden. Da bei gesetzlicher Auflage von einem Ausgleich der Einbußen auszugehen ist, entstehen dem Land zusätzliche Kosten. Sie konkurrieren angesichts knapper Kassen mit Ausgaben für Agrarumweltmaßnahmen, speziell mit der angebotenen Maßnahme des KULAP 2000 zur Umwandlung von Ackerland in extensives Grünland anderen Orts, deren Umwelteffekte z. T. höher einzustufen sind.

Für geringere Flutungsintervalle, im Extrem die direkte Anbindung der Polder an die Flüsse, liegen die jährlichen Einbußen für die Landwirtschaft in summa von Flutungsschäden und Einbußen durch Ackerlandumwandlung höher als für die Extremhochwasser angegeben. Mit einsparbaren Kosten für den Hochwasserschutz bei Unterliegern können diese Mehreinbußen kaum gedeckt werden, da die Schutzanlagen (Deiche) für höhere Hochwasser ausgelegt sind und keine höheren Schäden hinterdeichs auftreten dürften.

Unabhängig von o. g. Einbußen für die Flächennutzer sind bei Umwandlungsbestrebungen von Ackerland in Grünland Eigentumsverhältnisse zu beachten, zumal im Untersuchungsgebiet die Flächenpacht mit > 70 % der Fläche überwiegt (Pachtverträge - ordnungsgemäße Bewirtschaftung, Übergabe des Pachtgegenstandes zum Vertragsende). Eine Umsetzung bedarf daher der Änderungen der Pachtsachen und Eigentümer sind ggf. zu entschädigen.

Grundsätzlich ist bei der Abschätzung von ökonomischen Folgen besondere Vorsicht geboten. Die Konsequenzen sind stark standortgebunden und differieren kleinräumig im erheblichen Umfang. Insofern ist klar für separate Untersuchungen zu votieren, die restriktiv wirkende Nutzungsvorgaben flächenscharf begleiten sollten. Die Empfehlung ist vor allem im Hinblick auf eine Umsetzung des Beschlusses zum Hochwasserschutz ausgesprochen wichtig.

5.5 Fazit

Unstrittig ist, dass der von Hochwasser-Ereignissen ausgehenden Gefahr nachhaltig begegnet werden muss. Dem Schutz von Leben und Eigentum ist absolut hohe Bedeutung beizumessen. Für einen ganzheitlichen, bestmöglichen Schutz sind Anstrengungen von allen betroffenen Akteuren zu erbringen, auch erforderlichenfalls einzufordern. Beiträge zur Schadenminimierung im Hochwasser-(Katastrophen-)fall sind - abgesehen vom prioritären Schutz von Leib und Leben - unter Abwägung der ökonomischen Auswirkungen der betroffenen Flussanlieger abzuleiten. Sie müssen sozial verträglich gestaltet werden. Einseitige Lastenverteilungen sind zu vermeiden.

Mit der Teilleistung werden die Schäden, die bei Flutung der Havelpolder und der Neuzeller Niederung der Landwirtschaft, als hauptsächlich betroffener Flächennutzer, entstehen, für verschiedene Flutungsszenarios auf Basis einer Analyse der Schäden der Havelpolderflutung zum Elbehochwassers 2002 und der aktuellen Nutzungssituation sowie in Auswertung naturwissenschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Untersuchungen und Taxationsgrundlagen kalkuliert. Auch wurden die Auswirkungen von Nutzungsänderungen, speziell der Umwandlung von Ackerland in Grünland zum Zwecke der Schadenminderung im Flutungsfall abgeschätzt.

Folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind aus den Ergebnissen abzuleiten:

- Die hauptsächlichen Schäden für die Landwirtschaft im Flutungsfall sind Ertragsverluste und zusätzliche Kosten für die Wiederherstellung der Bewirtschaftbarkeit und Ertragsfähigkeit überfluteter Flächen. Auf diese „Flächenschäden“ entfallen ca. 90 % der insgesamt auftretenden landwirt-

schaftlichen Schäden. Sie lassen sich bei Kenntnis von Nutzungssituation und Umfang der überfluteten Flächen sowie dem Zeitpunkt der Überflutung vergleichsweise fundiert vorherschätzen. Alle übrigen Schadenpositionen, wie z.B. Evakuierungskosten, Schäden an Technik, Bauten und sonstigen Betriebsmitteln, sind stark von einzelbetrieblichen Konstellationen und der Ablauforganisation der Flutung abhängig.

- Im Wesentlichen sind die Schäden durch Flutung unvermeidbar und der Spielraum zur Schadenminimierung begrenzt. Gleichwohl zeigt die Schadenanalyse der Flutung der Havelpolder 2002, dass vornehmlich durch ein optimierteres Ablauf-, Zeit- und Informationsmanagement schadenmindernde Anpassungen (vorgezogene Ernte, Bergung von Vorräten, kostengünstigere Evakuation etc.) möglich gewesen wären, die jedoch mit unter 10 % des Schadens einzuschätzen sind. Insbesondere die rechtzeitige Vorhersage der wahrscheinlichen Polderflutung sowie der Ablauf der Flutung inkl. des Rückflusses (Fischverluste!) sollten anhand der Erfahrungen aus dem Hochwasser 2002 verbessert und in Katastrophenplänen entsprechend verankert werden.

- Maßgeblich für die landwirtschaftlichen Auswirkungen von Flutungen im Hochwasserfall sind die **jährlichen** Einkommenseinbußen auf den betroffenen Flächen. Sie hängen - bewertet nach Rangfolge des Einflusses - vornehmlich ab von

  - der Wahrscheinlichkeit der Wiederkehr der Hochwasser/Flutungen,
  - dem jahreszeitlichen Termin und der Dauer der Flutung und
  - der Art und Intensität der Flächennutzung sowie der einzelbetrieblichen Betroffenheit durch die Flutung.

- Je häufiger die Flächen überflutet werden, umso größer die jährlichen Einbußen. Für Polder, deren Flutung, wie im vorliegenden Fall, für extreme Hochwasserereignisse (> HW 100) vorgesehen ist, steigen bei deren Flutung bereits ab einem Pegel eines HW 2 trotz geringerer Flächenbetroffenheit bei kleineren Hochwasser die jährlichen Einkommenseinbußen auf ein Vielfaches (> 50fache) an. Daher sollten Polder erst geflutet werden, wenn die Funktionsfähigkeit der Hochwasserschutzanlagen (Deiche) im Unterliegerbereich gefährdet ist und höhere Schäden bzw. Sicherungskosten zu erwarten sind. Dies dürfte bei Abflüssen von Hochwasserereignissen < HW 50 kaum der Fall sein. Inwieweit „ökologische" Effekte die deutlich höheren Einkommenseinbußen der Landwirtschaft aufwiegen, war nicht Bewertungsgegenstand der Leistung. Derartige Betrachtungen sind ein nächster Schritt für weiter gefasste Beurteilungen.

- Der jahreszeitliche Termin der Flutung bestimmt maßgeblich die Höhe der landwirtschaftlichen Auswirkungen und die Schadenrelationen zwischen den Fruchtarten. So sind bei Flutung vor Ernte der Druschfrüchte in den Untersuchungsgebieten mehr als doppelt so hohe Schäden als bei Flutung im zeitigen Frühjahr zu erwarten. Nach Ernte der Druschfrüchte übersteigen die Schäden beim Grünland im Gegensatz zur Flutung vor Ernte der Druschfrüchte i. d. R. die im Mittel der Fruchtfolge auftretenden Schäden des Ackerlandes. Bei der Vorherschätzung landwirtschaftlicher Schäden von Hochwasserereignissen/Flutungen ist daher die jahreszeitliche Differenzierung entsprechend der Wahrscheinlichkeiten des Auftretens geboten.

- Die Art und Intensität der Flächennutzung variiert im Mittel der beiden Untersuchungsgebiete und Polder vergleichsweise wenig. Grünlandnutzung, vornehmlich extensiv, überwiegt. Dennoch bestehen zwischen den Flutungspoldern der Unteren Havel - gemessen am Flächenschaden je Wasseraufnahmekapazität - Unterschiede in der Flutungseffizienz. Sie sollte bei der Auswahl der zu flutenden Polder, so diese zur Disposition steht, als Kriterium herangezogen werden.

  Zwischen den Betrieben variieren Art und Intensität der Flächennutzung sowie die Betroffenheit durch die Flutung und in summa dessen die Höhe der Einkommenseinbußen im Flutungsfall wie auch die betrieblichen Anpassungsmöglichkeiten zur Schadenminimierung respektive Existenzgefährdungen erheblich. Folglich sind zur Quantifizierung ökonomischer Folgen Einzelfallprüfungen unumgänglich. Das betrifft sowohl Ausgleichsregelungen im Schadenfalle als auch die sozialverträgliche Planung von vom Ist abweichenden Flutungsvorhaben/-optionen. Mit besonders starken sozioökonomischen Auswirkungen ist bei milchviehhaltenden Futterbaubetrieben zu rechnen, deren Futterflächenbasis durch Flutung stark betroffen ist. Zusätzliche, nicht zwingend erforderliche Einschränkungen sollten hier vermieden werden.

- Die vorgefundene Flächennutzungssituation in den untersuchten Flutungspoldern ist Resultante der einkommensmaximierten Anpassung an die gegebenen Standortbedingungen, betrieblichen Faktorausstattungen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. So stellt auch der Ackerbau auf den höher gelegenen, überwiegend aluvialen (z. T. diluvialen) Mineralbodenarealen mit geringer Überflutungswahrscheinlichkeit die wirtschaftlich optimale, ökologisch verträgliche Nutzung dar. Durch die Regelungen der GAP-Reform werden sich die Rentabilitätsrelationen zwischen Acker- und Grünlandnutzung künftig kaum ändern. Daher sind auferlegte Änderungen der Nutzungsart und -intensität aus Gründen des Hochwasserschutzes mit zusätzlichen Einkommenseinbußen verbunden. So führt Einstellung der Ackernutzung zugunsten der Grünlandnutzung in den untersuchten Flutungspoldern zu gravierenden Erwerbsverlusten, die sich keinesfalls durch die nur marginale Schadenreduzierung im Flutungsfall rechtfertigen lassen.

  Die diesbezüglich für Überschwemmungsgebiete im Gesetzentwurf zum verbesserten vorbeugenden Hochwasserschutz vorgesehene Festlegung muss daher kritisch hinterfragt werden. Es ist zu empfehlen, dass das Land Brandenburg bei der Umsetzung des Gesetzes in Landesrecht vom möglichen Ausgestaltungsspielraum Gebrauch macht und den Ackerbau nach guter fachlicher Praxis zulässt.

- Ungeachtet der umstrittenen Notwendigkeit und Effizienz der Änderung der Flächennutzung in Flutungspoldern mit geringerer Flutungswahrscheinlichkeit aus Sicht des Hochwasserschutzes haben Maßnahmen zum Zwecke eines verbesserten Natur- und Umweltschutzes in den Poldern bzw. Niederungen eine hohe Bedeutung. Dies sowohl aufgrund der meist hohen standörtlichen Sensibilität gegenüber Stoffeinträgen in Gewässer als auch wegen ihres z. T. hohen Natur- und Landschaftswertes. Daher ist trotz des z. T. schon hohen Anwendungsumfanges von Extensivierungs- und Naturschutzmaßnahmen vornehmlich auf dem Grünland eine weitergehende Anwendung von Agrarumweltmaßnahmen auch auf dem Ackerland zu befürworten. Dies sollte vorrangig über gelenkte Fokussierung bereits angebotener Agrarumweltmaßnahmen auf diese Gebiete erfolgen. Einer verstärkten Anwendung der angebotenen KULAP-Maßnahme zur Umwandlung von Ackerland in extensives Grünland in den Poldern steht jedoch ihre Begrenzung auf Betriebe mit einem Grünlandanteil von < 30 % an der LF entgegen, der von den meisten Betrieben überschritten wird. Die Streichung dieser nicht zielkohärenten Anwendungsvoraussetzung ist dringend zu empfehlen.

  Die entstehenden Einbußen durch über das Maß der guten fachlichen Praxis hinausgehende Bewirtschaftungseinschränkungen, unabhängig davon, ob sie freiwillig angewendet (KULAP) oder gesetzlich auferlegt werden, sind auszugleichen.

- Die nach Fruchtarten und Flutungszeitpunkt ermittelten Schäden ergänzen und aktualisieren die Kalkulationsgrundlagen für die Schadenabschätzung von Hochwasserereignissen, Ausgleichs- und Entschädigungsregelungen und für die Planung und Umsetzung von Vorhaben des vorbeugenden Hochwasserschutzes.

Wie Befragungen betroffener Landwirte belegen, besteht durchweg Einsicht in die Notwendigkeit von Flutungen landwirtschaftlich genutzter Polder, um im Katastrophenfall größere Schäden anderen Orts zu vermeiden. Hingegen stoßen Flutungen oder auferlegte Einschränkungen der Flächenbewirtschaftung, ohne dass höhere Sicherheiten und Kosteneinsparungen erreicht werden, auf wenig Akzeptanz und werden abgelehnt.

6 Schadenpotentialanalyse für die Unterlieger

M. Gocht

6.1 Schadenermittlung

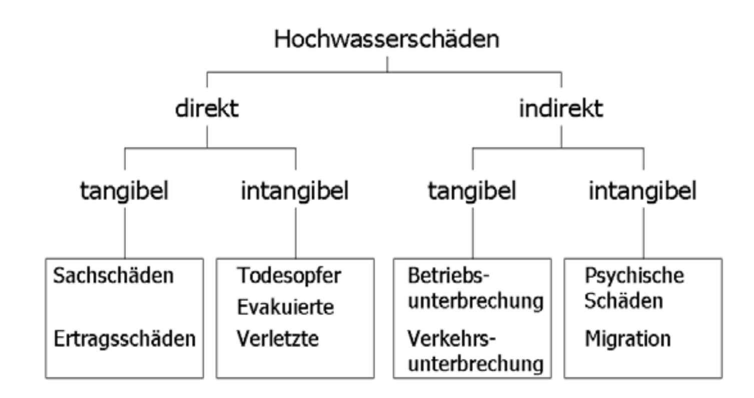


Abb. 6-1: Kategorisierung von Schadenarten, (SMITH & WARD 1998) verändert.

Die Ermittlung von Schäden setzt eine Kategorisierung von Schadenarten voraus, da Schäden in ihrem Auftreten und ihrer Wirkung sehr unterschiedlich sind. Eine standardisierte Kategorisierung von Schadenarten liegt bisher nicht vor. Wir greifen zur Diskussion der Schadenarten auf einen Vorschlag von SMITH und WARD (1998) zurück (siehe Abb. 6-1). Auf oberster Ebene lassen sich Hochwasserschäden nach direkten und indirekten Schäden untergliedern. Direkte Schäden sind vom Hochwasser selber verursacht. Indirekte Schäden, wie z.B. Betriebsunterbrechungsschäden treten mit zeitlicher Verzögerung auf. Häufig werden direkte Schäden auch als Primär-, indirekte Schäden hingegen als Sekundärschäden beschrieben.

Sowohl direkte als auch indirekte Schäden lassen sich in tangible und intangible Schäden untergliedern. Tangible Schäden lassen sich in Geldeinheiten ausdrücken, intangible hingegen nicht. Daher macht es ebenso viel Sinn, von monetarisierbaren und nicht monetarisierbaren Schäden zu sprechen. Zu indirekten tangiblen Schäden zählen neben den in Abb. 6-1 genannten auch Aufwandsänderungen sowie induzierte Effekte. Aufwandsänderungen sind beispielsweise verringerte Kosten für die Unterhaltung von Gewässern. Als induzierter Effekt ist die bessere Auslastung des Bauhauptgewerbes während der Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahme zu beschreiben.

Die Schadenermittlung in dieser Studie beschränkt sich auf den linken Arm der Abb. 6-1. Es werden lediglich Sachschäden, also sind Schäden an Gebäuden und Inventar, für unterschiedliche Wirtschaftssektoren ermittelt.

6.2 Verfahren der Schadenermittlung

Grundsätzlich lassen sich im Rahmen der Schadenermittlung zwei Verfahren benennen. MANIAK (2001) unterscheidet einerseits ein mikroskaliges Verfahren, das er auf Ebene der einzelnen Flurstücke bzw. Gebäude ansiedelt. Hier werden Schadenfunktionen auf Grundlage von Begehungen und Bewertung der einzelnen Gebäude aufgestellt. Andererseits nennt Maniak ein mesoskaliges Verfahren, welches Aggregate mehrerer Flurstücke bis hinauf zur Postleitzahlenebene als kleinste Betrachtungseinheit aufweist. Hier werden Schadenfunktionen aus Datenbanken, wie z.B. HOWAS (KLEEBERG 1998) ermittelt.

Wählt man Maniaks Definition als Bezugsrahmen, kommen in dieser Studie sowohl das mesoskalige Verfahren auf der Ebene von ATKIS-Objekten und das mikroskalige Verfahren auf der Ebene von Gebäuden zur Anwendung. Im Folgenden wird zunächst das mesoskalige Verfahren orientiert an der Studie „Hochwasserschadenpotentiale am Rhein in NRW“ (MURL 2000) vorgestellt und auf die Ortslagen Wittenberge sowie Frankfurt (Oder) angewendet. Sodann folgt am Fallbeispiel Slubice eine Anwendung der

mikroskaligen Modellierung. Da Hydrologie und Hydraulik für jedes Anwendungsbeispiel unterschiedlich sind, werden die notwendigen Erläuterungen hierzu den Schadenberechnungen voran gestellt.

6.3 Flächenbezogene Schadenermittlung

Das am häufigsten angewandte Verfahren ist die mesoskalige oder flächenbezogene Schadenermittlung. Sie kann als Standardverfahren der Schadenpotentialermittlung bezeichnet werden. Als Referenz wird im Rahmen dieser Studie das Gutachten „Hochwasserschadenpotentiale am Rhein in NRW“ verwendet (MURL 2000). Aber auch das Hochwasserschutzkonzept der Stadt Köln ist nach diesem Verfahren erstellt (KÖLN 1998). Als Erstanwendung des Verfahrens kann die Studie „Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste –Modellgebiet Wesermarsch- (BMELF 1990) gelten. Dieses Verfahren benötigt ein Flächenkataster, relative Schadenfunktionen sowie ein Werteinventar.

6.3.1 Das Flächenkataster

Das mesoskalige Verfahren ist flächenorientiert. Eine geeignete Informationsquelle über die Flächennutzung stellt unter anderem ATKIS dar. ATKIS ist das Amtliche Topografisch-Kartografische Informationssystem der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. Für das Projekt findet der ATKIS-Objektartenkatalog 25 Verwendung. Für die Schadenberechnung wurde aus der Objektgruppe 2000: „Siedlung“ die Untergruppe 2100: „baulich geprägte Fläche“ verwendet. Die Spalte 3 in Tab. 6-1 zeigt die Nutzungen, für die im Rahmen dieser Arbeit Schadenberechnungen durchgeführt wurden. Der unter anderem auch im Internet verfügbare ATKIS-Objektartenkatalog ist wesentlich umfangreicher (ATKIS 2004). In der zweiten Spalte sind die Nutzungen der Automatischen Liegenschaftskarte ALK angegeben, die in mikroskaligen Untersuchungen Verwendung finden.

Tab. 6-1: Vergleich von ALK und ATKIS

Bezeichnung	ALK	ATKIS
Öffentliche Zwecke	1100	??
Wohnen	1300	2111
Handel & Dienstleistung	1400	??
Gewerbe & Industrie	1700	2112
Mischnutzung	1800	2113
Garagen	2300	??
Versorgung	2500	2120
Entsorgung	2600	2130
Land- und Forstwirtschaft	2700	4100
Erholung	2800	2200

Die Tabelle impliziert eine Übertragbarkeit von ATKIS und ALK-Schlüssel, die so nicht gegeben ist: Da ein ATKIS-Objekt Träger mehrerer Bauwerke sein kann, können auf ein Objekt verschiedene Nutzungen der ALK entfallen. So können sich auf einem ATKIS-Objekt das Gewerbe und Industrie (ATKIS: 2112) zugeordnet ist, durchaus auch Wohngebäude befinden. Da diese Problematik allen flächenbasierten Schadenermittlungen eigen ist, kann den mikroskaligen (gebäudebasierten) Verfahren eine größere Genauigkeit zugeschrieben werden. Besonders problematisch sind die „Flächen besonderer funktionaler Prägung“ (2114). Was sich auf diesen Flächen tatsächlich befindet, erschließt sich in der Regel nur durch Begehungen. Für die Stadt Köln wurde im Rahmen der Synopsegruppe des Deutschen Forschungsnetzes Naturkatastrophen (DFNK) eine Analyse dieser Flächen durchgeführt, welche ergab, dass sie zum überwiegenden Anteil dem Sektor Öffentliche Nutzungen zugehörig sind. Für Frankfurt (Oder) konnte diese Hypothese bestätigt werden. Die Definition des Objektartenkataloges steht dieser Hypothese nicht entgegen (LVA BRANDENBURG 1997).

6.3.2 Relative Schadenfunktionen

Das mesoskalige Verfahren bildet den Schaden im Verhältnis zum Wasserstand ab. Es kommen so genannte „globale“ bzw. relative Schadenfunktionen zum Einsatz, die einen prozentualen Schädigungsgrad am Gesamtwert des Objektes angeben. Damit ist eine zusätzliche Information über den Gesamtwert des geschädigten Objektes erforderlich. Der Terminus „global“ impliziert, dass solche Schadenfunktionen gebietsunabhängig und damit übertragbar sein sollten. Für die vorliegende Studie wurden diese Funktionen aus der Referenzstudie (MURL 2000) unverändert übernommen. Im Rahmen des Referenzgutachtens wurden relative Schadenfunktionen aus der im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) am Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe angefertigten Studie „Auswertung der HOWAS-Datenbank“ abgeleitet (IWK 1999).

Die Schadenfunktionen dieses Gutachtens lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Es gibt so genannte pauschale Funktionen, die den Gesamtschaden an einem Objekt abbilden. Hier kommen Wurzelfunktionen zum Einsatz. Für differenziertere Betrachtungen werden Geradengleichungen verwendet. Hierbei werden unterschiedliche Schadenkategorien (Gebäudeschaden, Inventarschaden, Vorratsschaden) durch unterschiedliche Geradengleichungen abgebildet.

6.3.2.1 Schäden an Gebäuden

Für alle Gebäudeschäden wird unabhängig von der Nutzungsart nur eine Geradengleichung verwendet. Begründet wird dies damit, „dass sich Schäden an der Gebäudesubstanz in wesentlichen Betrachtungsbereichen im Durchschnitt über größere Bestände hinweg gleichartig verhalten.“ Das gilt für Gebäude des verarbeitenden Gewerbes, des Handels und der Dienstleistungen, der Landwirtschaft sowie für private Wohngebäude. „Bekannte oder behauptete Unterschiede in Abhängigkeit von Bauwerkstyp (Industrie versus Wohnbau), Mauerwerksart (Beton versus Ziegel) und dergleichen sind statistisch (noch) nicht belegbar bzw. sie mitteln sich im entsprechend großen Bestand aus (MURL 2000: 49).“

Für Bauwerksschäden wurde damit die Funktion

$$y = 0.019\,x \qquad \text{Gl. 6-1}$$

verwendet. Diese ist in Abb. 6-2 mit Rauten dargestellt. Das Fehlen eines Achsenabschnittes impliziert, dass Bauwerksschäden im Kellerbereich nicht auftreten, bzw. marginal sind.

6.3.2.2 Schäden an Wohngebäuden

Die Referenzstudie (MURL 2000) bietet für Schäden an Wohngebäuden die in Abb. 6-2 abgebildeten Funktionen an. Die mit Rauten dargestellte Funktion für Gebäudeschäden bildet den Substanzschaden ab, „der Aufwendungen für Mauerwerkstrocknungen, neuen Außenputz, Neuanstrich innen und/oder außen, Fenster- und Türentausch usw. beinhaltet. Die Abgrenzung zum Hausrat ist je nach Herkunft der Daten, Bewertungsmethodik der Schadenschätzer usw. wohl nicht sehr trennscharf: Einmal mag der Austausch eines Parkettfußbodens als Substanzschaden erfasst sein, ein anderes Mal beim Hausrat“ (MURL 2000: 49).
Für Inventarschäden werden im Referenzgutachten unterschiedliche Schadenfunktionen angeboten. Hier wird nach Bauart unterschieden. „Zwischen Einfamilienhäusern (EFH) und kleineren Mehrfamilienhäusern (ZFH) (mit Kreisen bzw. mit Quadraten) bestehen hinsichtlich der Schäden in Kellern keine Unterschiede. Die Höhe von 20 Schadenprozenten zeigt, dass Keller recht intensiv genutzt werden und mit wertvollem Inventar belegt sind. Das Schadenmaximum von 95 % für EFH bedeutet, dass bei den typischen Bauwerken mit maximal einem Obergeschoss alle Hausratsgegenstände im Keller, Erdgeschoss und Obergeschoss betroffen sind (MURL 2000: 51).

Bei Zweifamilienhäusern und kleineren Mehrfamilienhäusern (mit Quadraten) ergibt sich eine gegenüber Einfamilienhäusern schon deutlich abgeminderte Schadenfunktion. Gründe dafür können bessere Evakuierungsmöglichkeiten ebenso bilden, wie unterschiedliche Vermögensverhältnisse. Damit wären in Einfamilienhäusern auf Grund sozioökonomischer Indikatoren (Ausbildung, Einkommen) wertvollere Hausratsbestandteile zu erwarten.

Die übrigen Mehrfamilienhäuser (MFH, mit Dreiecken) weisen vergleichsweise geringe Kellerschäden auf, was sich durch typischerweise viel kleinere Kellerabteile erklären lässt. Die geringere Steigung im Vergleich zu EFH ließe sich wiederum durch Inventar von geringerem Wert oder geringerer Schadenanfälligkeit erklären.

Um die nach Augenschein eher bescheidenen Vermögensverhältnisse im hochwassergefährdeten Bereich der Stadt Wittenberge abzubilden, wurde dort für die Berechnung die Funktion MFH (mit Dreiecken) für Mehrfamilienhäuser verwendet.

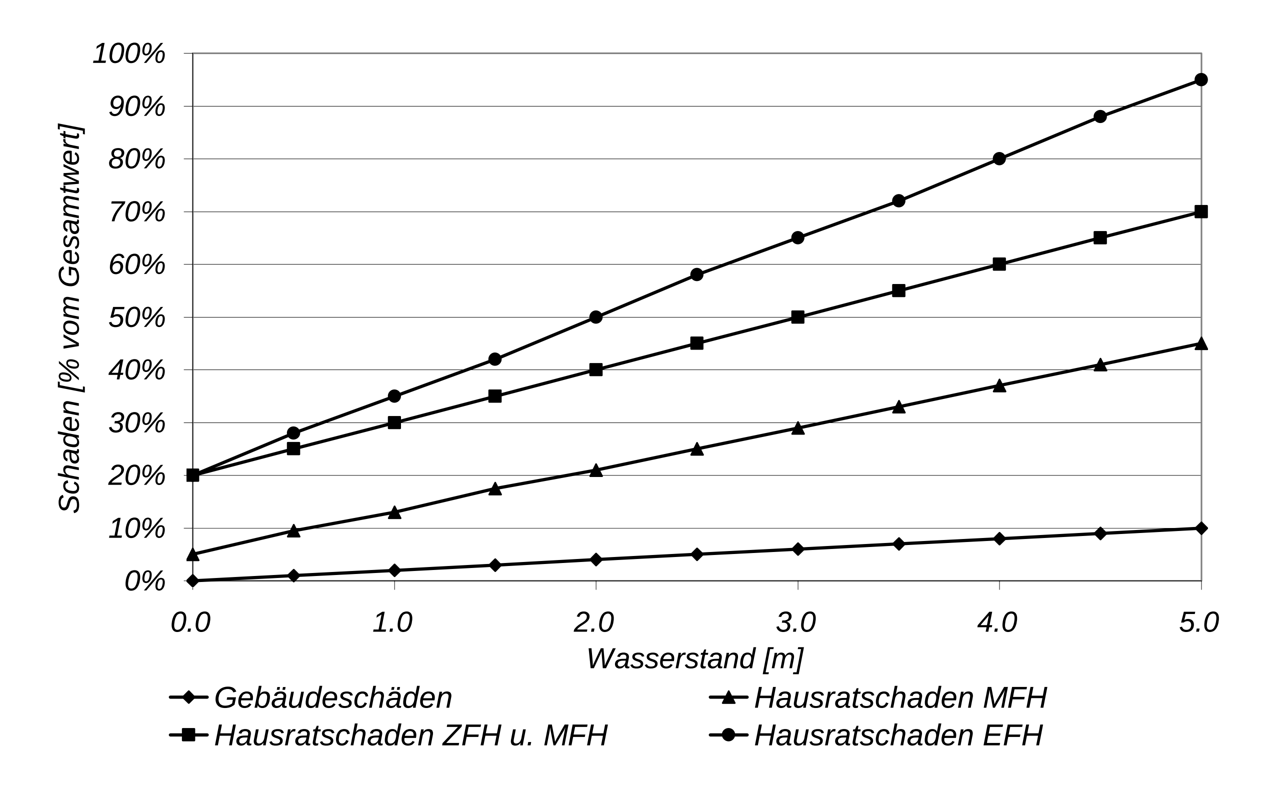


Abb. 6-2: Normierte Schadenfunktionen für Wohngebäude

6.3.2.3 Gewerbe und Industrie sowie Handel und Dienstleistungen

Für Gebäude- bzw. Substanzschäden wird die bereits mehrfach genannte in Abb. 6-2 und Abb. 6-3 mit Rauten dargestellte Funktion verwendet.

Für Einrichtungs- und Vorratsschäden wird dieselbe Funktion verwendet. Dies, obwohl es sich bei Vorratsvermögen und Einrichtungen um grundsätzlich unterschiedliche Dinge handelt, nämlich einerseits Roh- und Hilfsstoffe bzw. Handelswaren die in die Leistungserstellung eingehen und andererseits Gerätschaften und Maschinen, die im weitesten Sinne der Leistungserstellung dienen. Im Weiteren wird zusammenfassend von Inventar gesprochen. Die Schäden am Kellerinventar sind in der Wirtschaft vergleichsweise gering. Gewerbebauten sind vielfach gar nicht unterkellert. Wenn ja, befinden sich darin Teile der Gebäudetechnik bzw. oft relativ geringwertige Nutzungen, wie Materiallager, Umkleiden, usw. Das Datenkollektiv erlaubt einen Ansatz von 5 % bezogen auf den realen Substanzwert“ (MURL 2000 S: 45). Die vorgeschlagene und in Abb. 6-3 mit Rauten gezeigte Funktion wurde unverändert für die Berechnungen übernommen.

Wie im Bereich Gewerbe und Industrie setzten sich auch in Handel und Dienstleistungen die Bestände der HOWAS-Datenbank aus einer Mischung von größtenteils Kleingewerbe und Mittelstand, sowie einigen wenigen Großunternehmen zusammen. Die Teilbereiche weisen deutlichere Typenunterschiede auf als in Gewerbe und Industrie: Beim Handel setzt sich das Inventar meist großteils aus Vorräten an Handelswaren zusammen; im Dienstleistungsbereich finden sich häufig vor allem im beweglichen Inventar hochwertige Bestandteile (Computeranlagen etc.). Die Schäden am Kellerinventar fallen im Dienstleistungsbereich doppelt so hoch aus wie im Bereich Gewerbe und Industrie, woraus zu schließen ist, dass

Keller häufiger vorhanden sind bzw. höherwertiger genutzt werden. Die Betrachtungen führen zu der in Abb. 6-3 mit Quadraten dargestellten Funktion. Für Wasserstände bei 5 m über Geländeoberkante wird ein maximaler Schädigungsgrad von 85 % erreicht (MURL 2000).

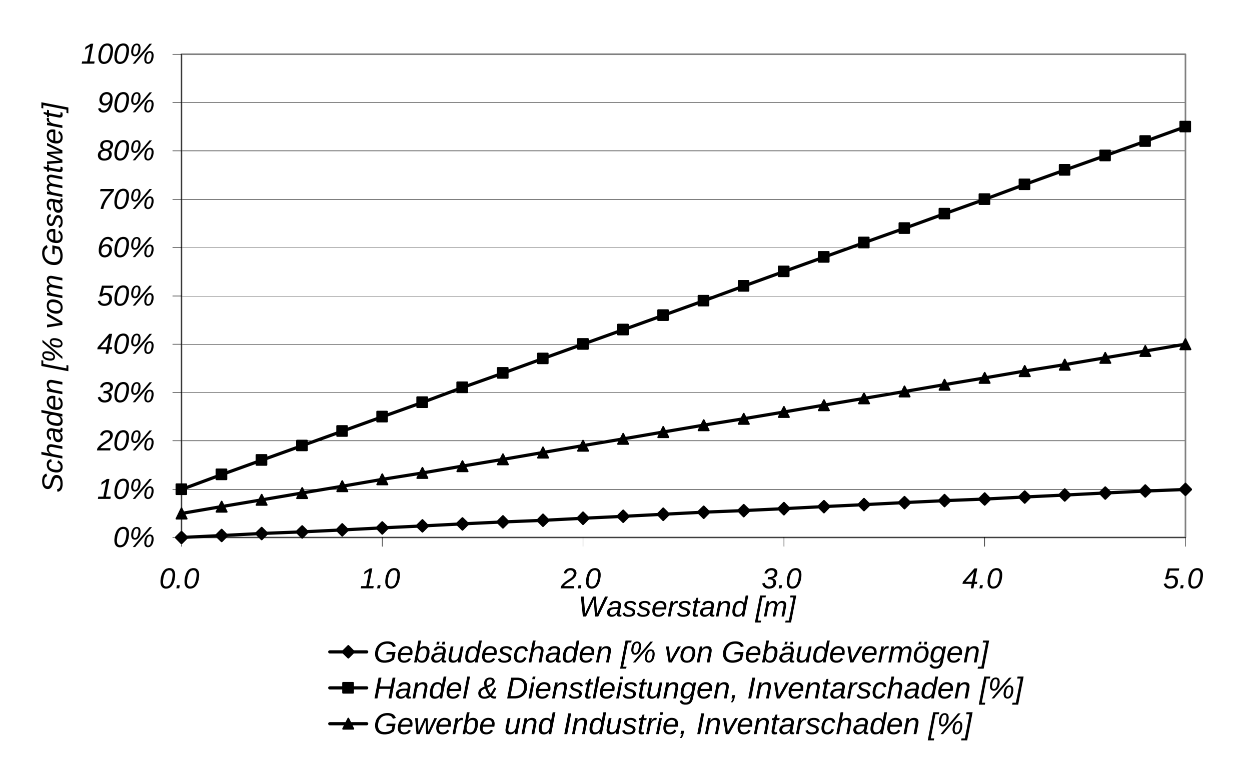


Abb. 6-3: Schadenfunktionen für Handel & Dienstleistungen bzw. Gewerbe & Industrie (MURL 2000)

6.3.2.4 Pauschal abgebildete Bereiche

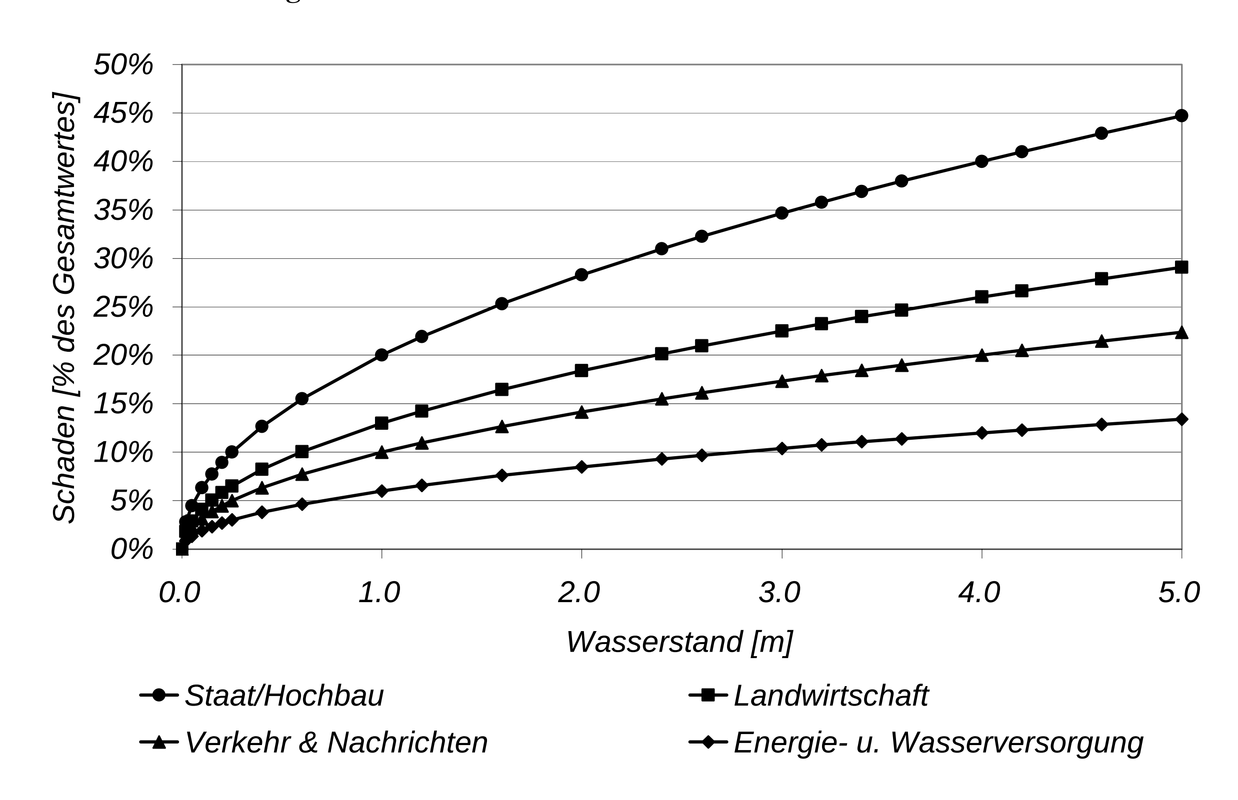


Abb. 6-4: Schadenfunktionen für pauschal abgebildete Bereiche (MURL 2000)

Die Funktion Staat/Hochbau bildet den im mikroskaligen Verfahren mit Öffentliche Zwecke bezeichneten Bereich ab. MURL (2000: 47) stellt fest, dass die Datensätze in der Datenbank nicht ausreichen, um getrennte Funktionen für Gebäudesubstanz einerseits und Gebäudeinhalt (Inventar) andererseits zu begründen.

Die Funktion „Landwirtschaft" dient zur Abbildung von Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen und wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Die Fortschreibung dieser Funktion bis auf 5 m macht Sinn, obwohl die meisten Kulturen nur bis zu einer Höhe von 1 bis 1,5 m Höhe über Geländeoberkante aufwachsen, jedoch in Gebieten mit höheren Überflutungshöhen auch mit entsprechend längeren Überstaudauern zu rechnen ist. Diese verstärken die Schäden an vielen Kulturen z.B. in Folge von Sauerstoffmangel.

Für die Abbildung von Schäden an Gebäude- und Feiflächen der Land- und Forstwirtschaft wird von MURL (2000) die Verwendung der globalen Gebäudeschadenfunktion vorgeschlagen, da „die ergänzten HOWAS-Daten jedenfalls keine ausreichende Masse an spezifischen, sondererfassten, Daten zu Traktoren, Erntemaschinen usw. beinhalten" (MURL 2000:48).

„Der wirtschaftsstatistische Sammelbereich Verkehrswesen und Nachrichtentechnik setzt sich aus unterschiedlichen Betriebsformen mit kaum vergleichbar zu machenden Vermögensstrukturen zusammen. Lineare Infrastrukturen sind bereits beim staatlichen Tiefbau erfasst, Transportmittel zählen zum Inventar der jeweiligen Wirtschaftsbereiche. Damit bleiben Verwaltungsgebäude und sonstige Verkehrsflächen durch die Schadenfunktion abzudecken (MURL 2000: 46)." Im Bereich der Nachrichtenübermittlung besteht ein Großteil der oberirdischen Infrastruktur aus Bauwerken mit hochwertigem Inventar (Telekommunikationseinrichtungen, Radiostationen, Funkhäuser, Fernsehsender) (MURL 2000: 47).

Energie- und Wasserversorgung stellen ebenfalls einen sehr heterogenen Wirtschaftssektor dar. Anlagen der Energieversorgung reichen von kleinen Trafostationen über Umspannstationen bis hin zu großen Kraftwerken. Solche Anlagen sind in Deutschland gegen Wassereinfluss geschützt oder besitzen in hochwassergefährdeten Bereichen besondere Schutzeinrichtungen. Dennoch gibt es einige Beobachtungen, nach denen solche Anlagen geschädigt wurden. Ähnliches gilt für Anlagen der Wasserversorgung, von denen ein großer Teil allerdings im staatlichen Tiefbau erfasst ist.

6.3.3 Das Werteinventar

6.3.3.1 Schäden an Gebäuden

Neben Informationen über den prozentualen Schaden benötigt das Verfahren auf Flurstücksebene Informationen über den Gesamtwert des geschädigten Objektes, der aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung abgeleitet wird.

Um den Wert einer Fläche abzubilden, sind Einheitswerte [€/m²] gemäß den zuvor unterschiedenen Wirtschaftsbereichen abzuleiten[18]. Dazu wird üblicher Weise der Kapitalstock (das Anlagevermögen) des jeweiligen Bereiches durch den Flächenanteil geteilt. Der Kapitalstock wird im Rahmen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung jährlich auf Landesebene ermittelt. Das Anlagevermögen erfasst den Bestand an dauerhaften reproduzierbaren Produktionsmitteln (das sind Ausrüstungen und Bauten), deren Nutzungsdauer mehr als ein Jahr beträgt. Nicht hinzugerechnet werden dauerhafte militärische Güter, der Grund und Boden sowie dauerhafte Güter, die von privaten Haushalten gekauft werden (Hausrat). Eine Ausnahme stellen hier jedoch Wohngebäude dar. Sie zählen hier auch dann zum Anlagevermögen, wenn sie sich im Eigentum von privaten Haushalten befinden und werden als „Wohnungsvermietung" ausgewiesen. Bei Gebäuden wird nur der Gebäudewert, nicht aber der Wert des Grundstücks berücksichtigt (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 1999).

Die Statistik liefert Daten zu verschiedenen Kapitalstockkonzepten. „Dabei bemühen sich die Statistiker unter anderem auch um eine bestmögliche Abbildung des Zeitwertes der Realvermögen. Dies wird in den Statistiken durch das Nettoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen bewerkstelligt", das somit für Schadenpotenzialanalysen die am besten geeigneten Größen liefert (MURL 2000: 27). Brutto- und Netto-

[18] Multipliziert man im Rahmen der Schadenermittlung die betroffene Fläche mit dem zugehörigen Einheitswert, erhält man eine Angabe über den Gesamtwert der betroffenen Fläche.

anlagevermögen unterscheiden sich durch die bis zum Berichtszeitraum angefallenen Abschreibungen (den Wertverlust).

Selbstverständlich wäre die Ableitung eines Werteinventars über die volkswirtschaftlichen Daten des Landes Brandenburg und das ATKIS des Landes wünschenswert gewesen. Leider war dies im Rahmen des Projektes nicht zu leisten. Daher wurden die in Tab. 6-2 gezeigten Einheitswerte aus dem Referenzgutachten verwendet. Diese basieren auf dem System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung von 1958 (VGR58). Da der Kapitalstock des Landes Nordrhein-Westfalen mit dem des Landes Brandenburg aber nur sehr bedingt vergleichbar ist, wurden die Werte mit der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen umgerechnet.

Tab. 6-2: Einheitswerte nach VGR58, Stand 1997 (MURL 2000), BAV: Bruttoanlagevermögen, NAV: Nettoanlagevermögen

Wirtschaftsbereich	**Kürzel**	**BAV**	**NAV**
		[€/m²]	**[€/m²]**
Landwirtschaft	LW	55	27
Energie- und Wasserversorgung	EW	1.700	994
Verarbeitendes- und Baugewerbe	VB	280	137
Handel und Dienstleistungen	HD	912	575
Verkehr- und Nachrichtentechnik	VN	47	24
Staat inkl. Öffentlicher Tiefbau	ST+ÖT	443	368
Wohnkapital	WK	399	260

Da die Einheitswerte des Gutachtens auf das Jahr 1997 bezogen sind, wurden sie mit dem Anlagevermögen des Landes NRW der Jahre 1997 (1 179 184 Mio. €) und 2001 (1 251 558 Mio. €) auf das Jahr 2001 bezogen. Die Einheitswerte 1997 wurden mit 1,06 multipliziert, da der Kapitalstock des Jahres 2001 106 % des Kapitalstockes von 1997 beträgt. Hier wurden Daten nach ESVG1995[19] verwendet. Dies ist methodisch unsauber, wäre aber nur durch eine neue Ableitung des Werteinventars zu umgehen gewesen.

Tab. 6-3: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen in jeweiligen Preisen nach ESVG1995 (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 2002 1/2)

Land / *Kreis*	**BWS j. E.**	**Anteil**
Nordrhein-Westfalen	51.790 €	100 %
Sachsen-Anhalt	39.513 €	76 %
Brandenburg	40.157 €	78 %
Brandenburg	40.157 €	100 %
Märkisch-Oderland	38.818 €	97 %
Prignitz	36.066 €	90 %

In ähnlicher Weise wurden die so erhaltenen Werte auf das Land Brandenburg bzw. die Kreise Märkisch-Oderland und Prignitz umgerechnet. Als Schlüsselgröße wurde die Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen (BWS j. E.) verwendet. Unterstellt man, dass eine niedrigere Wertschöpfung durch einen niedrigeren Kapitaleinsatz pro Erwerbstätigen zustande kommt, lässt sich der Kapitalstock für die Wirtschaftsbereiche VB, HD und EW mit der BWS j. E. wichten. Unterstellt man weiterhin, dass sich die niedrigere Wertschöpfung in niedrigeren Einkommen niederschlägt, kann auch das Wohnkapital WK mit der BWS j. E. gewichtet werden. Tab. 6-4 zeigt die so erhaltenen Einheitswerte.

[19] ESVG 1995: Europäisches System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung

Tab. 6-4: Einheitswerte für die Kreise des Untersuchungsgebiets, Bezugsjahr 2001

Einheitswerte Prignitz [€/m²]		
Landwirtschaft	LW	27
Energie- und Wasserversorgung	EW	735
Verarbeitendes- und Baugewerbe	VB	101
Handel und Dienstleistungen	HD	425
Verkehr- und Nachrichtentechnik	VN	18
Staat incl. Öffentlicher Tiefbau	ST+ÖT	272
Wohnkapital	WK	192
Einheitswerte Märkisch-Oderland [€/m²]		
Landwirtschaft	LW	27
Energie- und Wasserversorgung	EW	791
Verarbeitendes- und Baugewerbe	VB	109
Handel und Dienstleistungen	HD	457
Verkehr- und Nachrichtentechnik	VN	19
Staat incl. Öffentlicher Tiefbau	ST+ÖT	293
Wohnkapital	WK	207

6.3.3.2 Schäden am Inventar

Alle Betriebe haben im Regelfall neben ihren Gebäuden auch Produktionsanlagen sowie Vorräte. Im Referenzgutachten werden diese summarisch als Inventar behandelt. Für dieses wird nur ein Einheitswert angegeben, der durch die Schadenfunktion als Inventar- bzw. Vorrat interpretiert wird. Die Einheitswerte für Inventar aus der Referenzstudie sind in Tab. 6-5 gegeben. Daneben stehen die wie im vorigen Kapitel beschrieben auf das Untersuchungsgebiet bezogene Werte.

Tab. 6-5: Einheitswerte für Inventar. Werte des Referenzgutachtens (MURL 2000) und auf das Untersuchungsgebiet bezogene Werte

Wirtschafts-	**NRW**	**Prignitz**	**Märk. Oderland**
bereich	1997	2001	2001
Gewerbe & Industrie	46	34	37
Handel&Dienstleistung	72	53	57
Wohnen	184	136	146

6.3.3.3 Schäden am Hausrat

Zu den Ausgaben für den Hausrat zählen Ausgaben für Bekleidung, Möbel, Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik und Bücher. Als Durchschnittlicher Haushalt eignet sich am besten ein Vier-Personen-Haushalt mit mittlerem Einkommen (Haushaltstyp 2 der Bundesstatistik).

Die Lebensdauern der einzelnen Hausratsgegenstände sind unterschiedlich. Für Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik wird eine Lebensdauer von 10 Jahren angenommen. Für Textilien beträgt sie 3-5 Jahre, für Möbel, sowie Bücher, Uhren und Schmuck werden sie mit 20 Jahren angenommen (MURL 2000: 36).

Gewichtet mit dem Anteil der jeweiligen Posten an den Ausgaben ergibt sich eine durchschnittliche Lebensdauer des Hausrats von 8,5 Jahren. Damit errechnet sich ein Gesamtwert des Hausrats zu Anschaffungswerten von durchschnittlich 85 000 bis 90 000 DM.

Geht man also von rund 90 000 DM im Durchschnitt aus und unterstellt weiterhin, dass der Hausrat im Durchschnitt 5 Jahre alt ist, so ist je Haushalt, bzw. Wohneinheit durchschnittlich ein Hausrats-Zeitwert in Höhe von rund 45 000 DM (23 008 €) anzusetzen (MURL 2000: 37)." Unterstellt man weiterhin eine durchschnittliche Wohnfläche von 130 m², ergibt sie der in Tab. 6-5 angegebene Wert von 184 €/m². Dieser Wert wurde mit den in Tab. 6-3 gegebenen Werten auf das Untersuchungsgebiet bezogen.

6.4 Anwendung der flächenbezogenen Schadenberechnung

6.4.1 Wittenberge

Die Stadt Wittenberge ist teilweise eingedeicht, im Bereich des Hafens aber gegen die Elbe durch eine Spundwand gesichert. Während die Deiche auf das BHW (Bemessungshochwasser) 745 cm am Pegel Wittenberge + 1m Freibord ausgelegt sind (die Sanierung erfolgte in 1996) wurden Deich und Spundwand aus gründen des Stadtbildes im Bereich des Hafens auf eine Höhe von 745 cm errichtet. Der Freibord wurde aus Gründen des Erhalts des Stadtbildes durch eine Art mobile Wand ersetzt, die als „Spritzschutz" bezeichnet wird[20]. Diese bietet durchaus nicht die gleiche Sicherheit wie ein Deich. Daher wurde für das Szenario Flutung Wittenberge angenommen, dass die ca. 1 100 m lange mobile Wand bei Überschreiten eines Wasserstandes von 745 cm a. P. Wittenberge auf einer Länge von 500 m versagt.

6.4.1.1 Hydraulische Modellierung

Die durch das Landesumweltamt Brandenburg rekonstruierte Welle August 2002 ohne Flutung der Havelpolder, aber mit Rückhalt des Havelabflusses hätte zu einem Scheitelwasserstand von 770 cm a. P. Wittenberge geführt[21]. Der Teil der Welle, der 745 cm a. P. Wittenberge übersteigt, durchströmt im Szenario WBG I (HSZ – H1) Wittenberge.

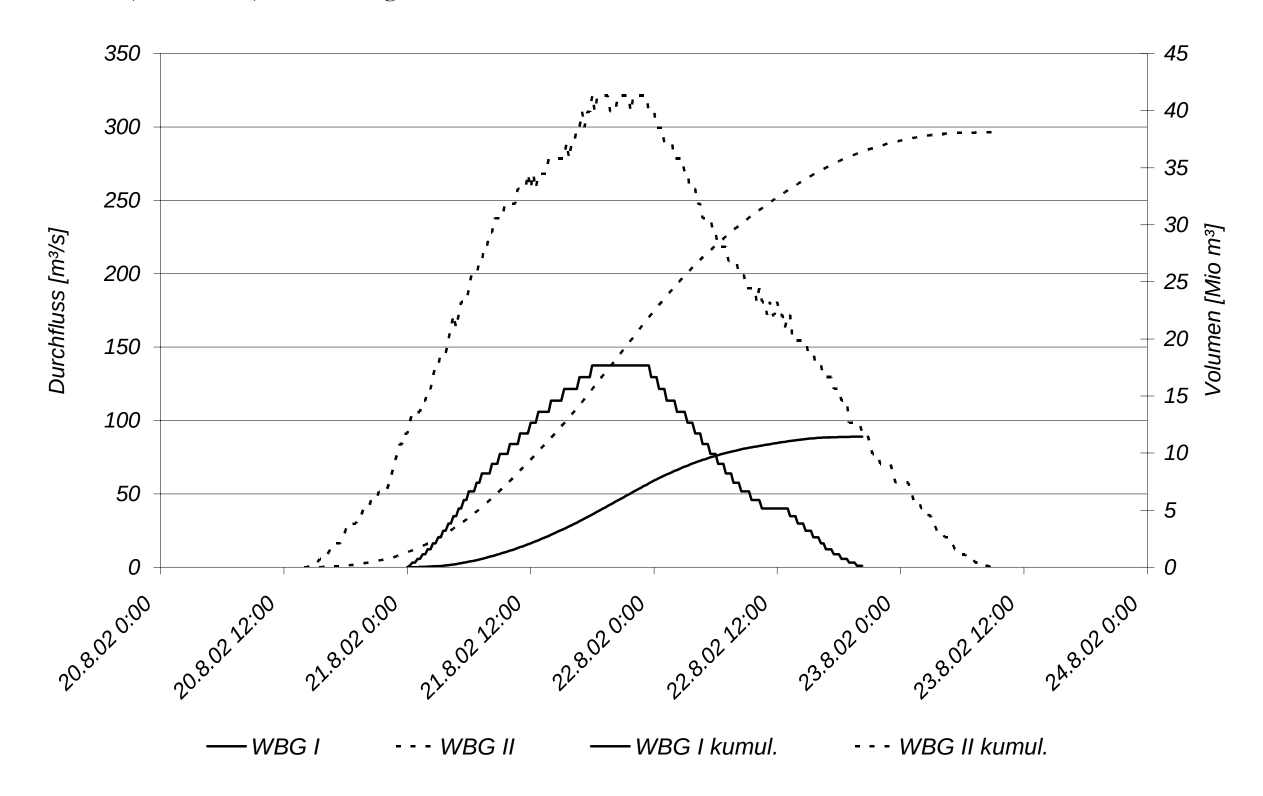


Abb. 6-5: Flutungsvolumina für die Szenarios WBG I (HSZ-H1) und WBG II (HSZ-H2)

Das in Kapitel 3.2.1.2 hergeleitete Extremszenario führt zu einem Scheitelwasserstand von 790 cm a. P. Wittenberge. Der Teil der Welle, der 745 cm a. P. Wittenberge übersteigt, überströmt im Szenario WBG II (HSZ – H2) die Spundwand und überflutet Wittenberge.

Für die Berechnung des Wittenberge durchströmenden Volumens wird auf die Streichwehrfomel von Poleni

[20] Papke, Landesumweltamt Brandenburg. Mündliche Mitteilung am 03.12.2003

[21] Kumke, Landesumweltamt Brandenburg. Mündliche Mitteilung am 07.11.2003

$$Q = \sigma_{St} \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{3/2} \qquad \text{Gl. 6-2}$$

mit μ: Abflussbeiwert, L: Streichwehrlänge, H: mittlere Überfallhöhe zurückgegriffen. Angesichts der Form der überströmten Strecke wurde der Abflussbeiwert mit 0,4 sehr klein gewählt. Von einer weiteren Abminderung für das Streichwehr durch σ_{st} wurde abgesehen. Das nach Wittenberge einströmende Volumen beträgt für das Szenario WBG I 11,4 Mio. m³ und für das Szenario WBG II 38 Mio. m³. Die Abb. 6-5 zeigt mit Bezug zur linken Achse den Volumenstrom für die beiden Szenarios. Mit Bezug zur rechten Achse sind die kumulierten Volumina dargestellt.

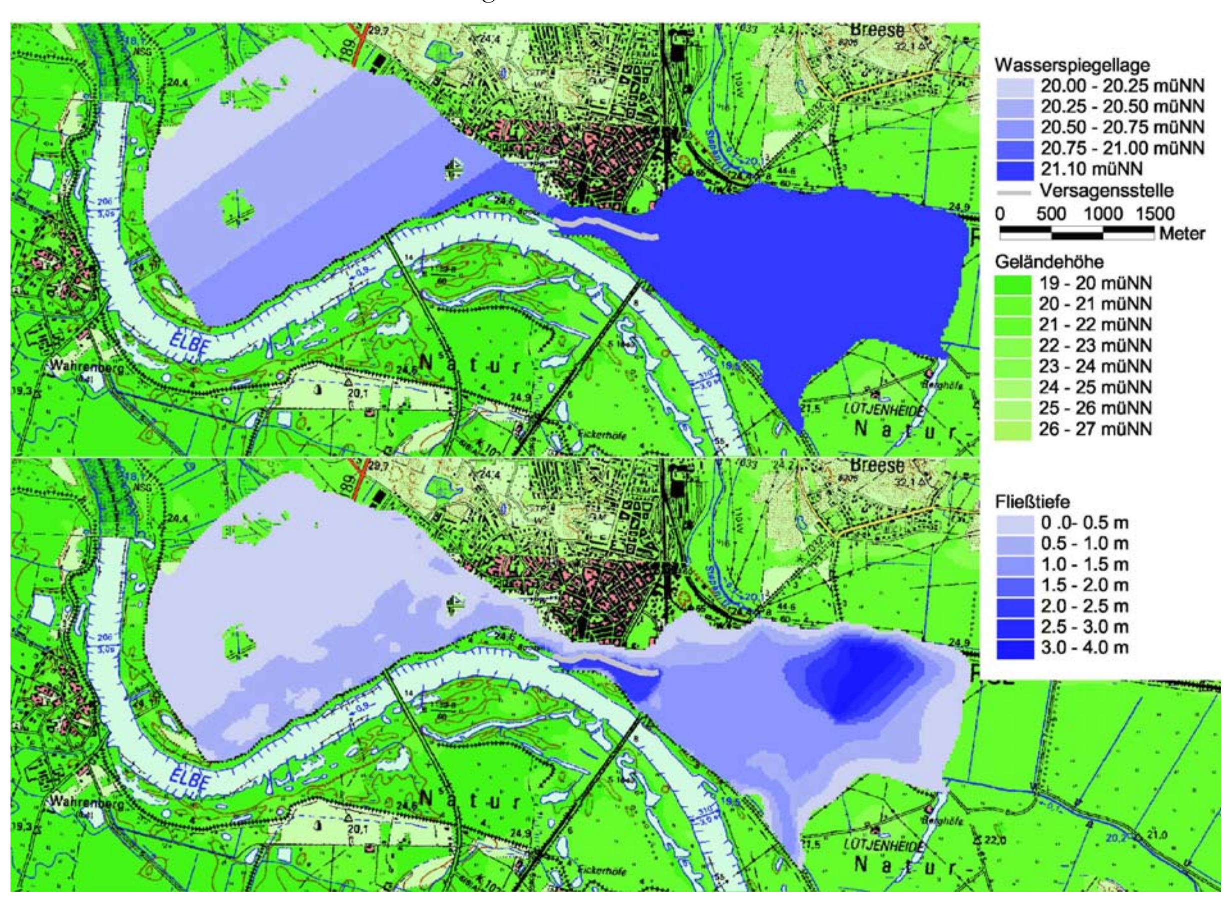


Abb. 6-6: Wasserspiegellage und Fließtiefen für einen Wasserstand von 21,10 müNN hinter der Versagensstelle, Szenario WBG I (HSZ-H1)

Die Ermittlung von Überflutungsflächen ist nicht trivial, da das die Überflutung herbeiführende Wasservolumen zwar für die Szenarios WBG I und WBG II bekannt ist, das Volumen im deichgeschützten Bereich aber das Ergebnis der Überflutungsflächenberechung ist. Die zu einem bekannten Volumen gehörige Überflutungsfläche ist also nur iterativ bestimmbar. Um den damit verbundenen Aufwand zu verringern, wurde für sechs vorgewählte Wasserstände Überflutungsflächen, Fließtiefen und letztlich Volumina errechnet[22]. Das Ergebnis der Überflutungsflächenberechnung ist damit ein grafischer Zusammenhang zwischen Wasserstand und Volumen im deichgeschützten Gebiet. Der Wasserstand für die Szenarios WBG I und WBG II kann diesem Zusammenhang durch Interpolation entnommen werden.

Wie im Folgenden diskutiert wird, liegt Wittenberge nicht in einer Mulde, die eingestaut wird. Vielmehr wird das Untersuchungsgebiet durchströmt. Daher ist eine Verwendung der vollständigen Volumina der beiden Szenarios nicht statthaft. Stattdessen ist nach dem Zeitpunkt zu fragen, an welchem die maximalen

[22] Die Bezeichnung Wasserstand am Pegel Wittenberge ist der Einfachheit halber gewählt, aber streng genommen nicht korrekt. Richtiger wäre die Bezeichnung „Wasserstand hinter dem Deich bezogen auf den Pegel Wittenberge“. Gemeint ist der Wasserstand hinter der Versagensstelle. Er wird mit Bezug zum Wittenberger Pegel angegeben, um die Definition eines weiteren Bezugspunktes zu vermeiden.

Fließtiefen zu erwarten sind. Das maßgebende Volumen ist damit dann erreicht, wenn der Scheitel der Welle die Versagensstelle durchlaufen hat. Die maßgeblichen Volumina oder Füllen sind für das Szenario WBG I 7,4 Mio. m³, das Szenario WBG II liefert 21,6 Mio. m³.

Abb. 6-6 oben zeigt die topografische Situation der Ortslage Wittenberge mit den Wasserspiegellagen für das Szenario WBG I. Von der Versagensstelle nach Osten steigt das Gelände. Daher wurde hier der Wasserstand am Pegel eben ins Gelände interpoliert. Die Überflutungsfläche findet ihre Begrenzung dort, wo die Geländehöhe das Niveau von 21.10 müNN übersteigt. Anders stellt sich die Situation im Westen dar. Hier fände wegen des natürlichen Talgefälles ein ebener Wasserspiegel keine Begrenzung. Die Situation erfordert streng genommen eine 2-dimensionale, instationäre Ausbreitungsrechnung. Da dies im Rahmen des Projektes nicht zu leisten war, wurde eine Näherungslösung gewählt. Für den Bereich westlich der Versagensstelle wurde ein Gefälle von 0,3 ‰ angenommen. So ergibt sich eine Begrenzung der Überflutungsfläche nach Norden durch das ansteigende Gelände und nach Süden durch den Elbe-Deich. Im Westen endet die Überflutungsfläche, wo die Geländehöhe 20 müNN übersteigt. Die Abbildung ist als Momentaufnahme des Scheiteldurchganges zu verstehen. Im weiteren Verlauf wird sich die Überflutungsfläche weiter nach Westen ausbreiten, allerdings werden die in Abb. 6-6 unten dargestellten Fließtiefen abnehmen, da der Scheiteldurchgang bereits erfolgt ist.

Durch die Verschneidung von Gelände- und Wasserspiegellagenmodell für insgesamt 6 Wasserstände wurden Fließtiefenmodelle abgeleitet, aus denen wiederum das im Untersuchungsgebiet befindliche Volumen ermittelt wurde. Dabei wurde für einen Wasserstand von 21,10 müNN hinter der Versagensstelle das Volumen des Szenarios WBG I zufällig auf 7 % genau getroffen: Statt der geforderten 7,4 Mio. m³ wurden 7,94 Mio. m³ berechnet. Abb. 6-7 zeigt als Ergebnis der Überflutungsflächenberechnung den Zusammenhang zwischen Wasserstand und Wasservolumen im Untersuchungsgebiet.

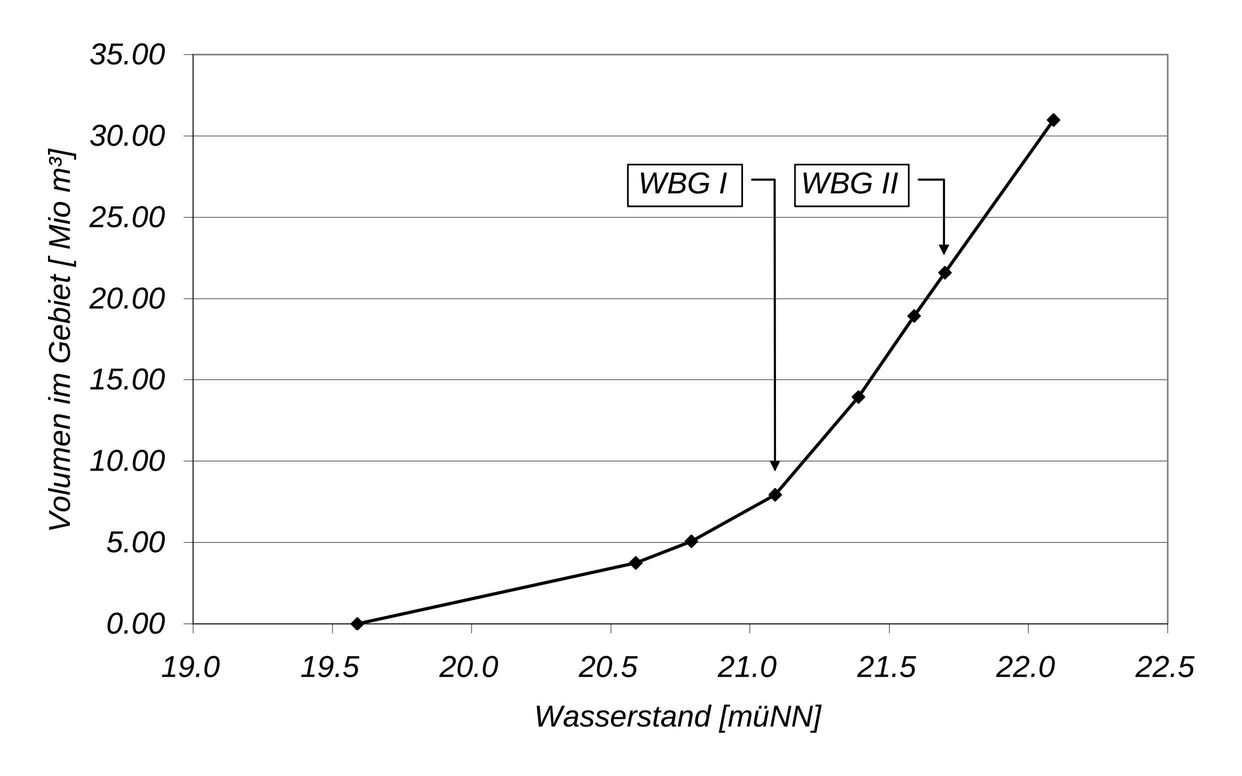


Abb. 6-7: Zusammenhang zwischen Wasserstand hinter der Versagensstelle und Volumen im Untersuchungsgebiet

6.4.1.2 Schadenberechung

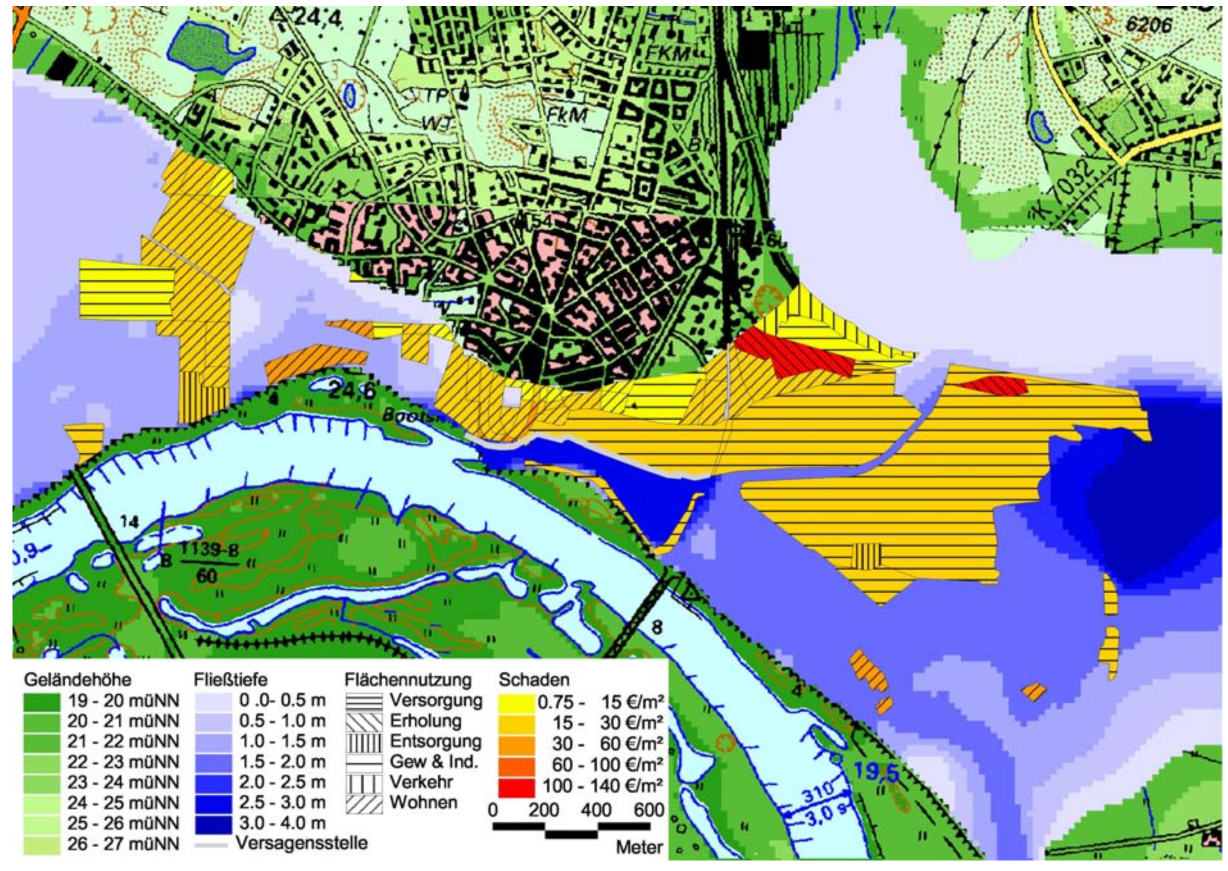


Abb. 6-8: Schadenrisikokarte für das Szenario WBG II, T=180a

Mit der in Kapitel 6.1 beschriebenen Methodik wurden Schäden für die sechs untersuchten Wasserstände nach folgendem Schema berechnet: Für den überströmten Teil jeder ATKIS-Fläche (Schadenfläche) wird eine mittlere Fließtiefe ermittelt. Mit dieser und den nutzungsabhängigen Parametern der Schadenfunktionen wird ein relativer Schaden pro Schadenfläche ermittelt. Die Multiplikation der Größe jeder Schadenfläche mit den nutzungsabhängigen Einheitswerten für Gebäude (und Inventar) ergibt einen Flächenwert. Der Schaden pro Schadenfläche ergibt sich schließlich durch die Multiplikation des Flächenwertes mit dem relativen Schaden. Abb. 6-8 zeigt das Ergebnis der Schadenberechnung für das Szenario WBG II. Dargestellt ist der Schaden in €/m². Als Gitter ist die Flächennutzung dargestellt. Die Darstellung basiert auf der von MERZ & GOCHT (2003) vorgeschlagene Methodik zur Darstellung des Hochwasserrisikos. Die Verwendung einer mittleren Fließtiefe pro Schadenfläche. führt im Einzelfall dazu, dass sich der Schaden trotz homogener Nutzung sprunghaft ändert.

Um die Unsicherheit der Schadenberechnung darzustellen, wurde eine untere und obere Schätzung abgeleitet. Die obere Schätzung entstand aus der Anwendung der in Tab. 6-4 gezeigten Einheitswerte Prignitz. Für die untere Schätzung wurden die Einheitswerte für Handel und Dienstleistungen um 20 %, für Gewerbe und Industrie um 40 %, für Wohnen um 40 % sowie für Energie- und Wasserversorgung um 30 % abgemindert. Diese Abminderung wurde nach einer Bereisung des Untersuchungsgebietes, bei der Bebauungsdichte und tatsächliche Nutzung festgestellt wurde, durchgeführt.

Abb. 6-9 stellt den Zusammenhang zwischen Wasserstand und Schaden für die berechneten Wasserstände grafisch dar. Die Werte für das Szenario WBG II wurden interpoliert. Danach ergibt sich für das Szenario WBG I ein Hochwasserschaden zwischen 13,5 und 20 Mio. €. Für das Szenario WBG II werden zwischen 22,8 und 34 Mio. € erwartet.

Da sowohl Abb. 6-7 als auch Abb. 6-9 den Wasserstand als X-Achse besitzen, lässt sich dieser abschließend aus dem grafischen Zusammenhang eliminieren. Dadurch entsteht das in Abb. 6-10 gegebene Endergebnis, das den Schaden gegen das im Untersuchungsgebiet befindliche Volumen darstellt.

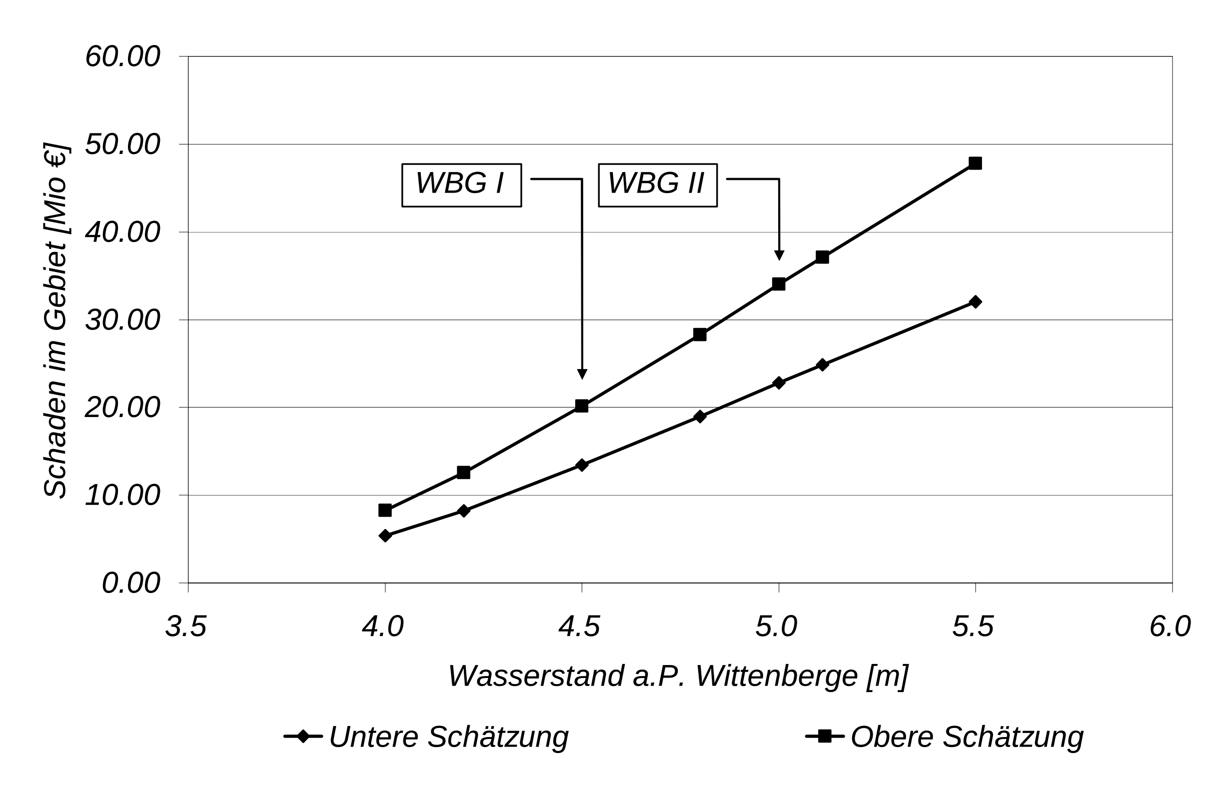


Abb. 6-9: Zusammenhang zwischen Schaden und Wasserstand hinter der Versagensstelle

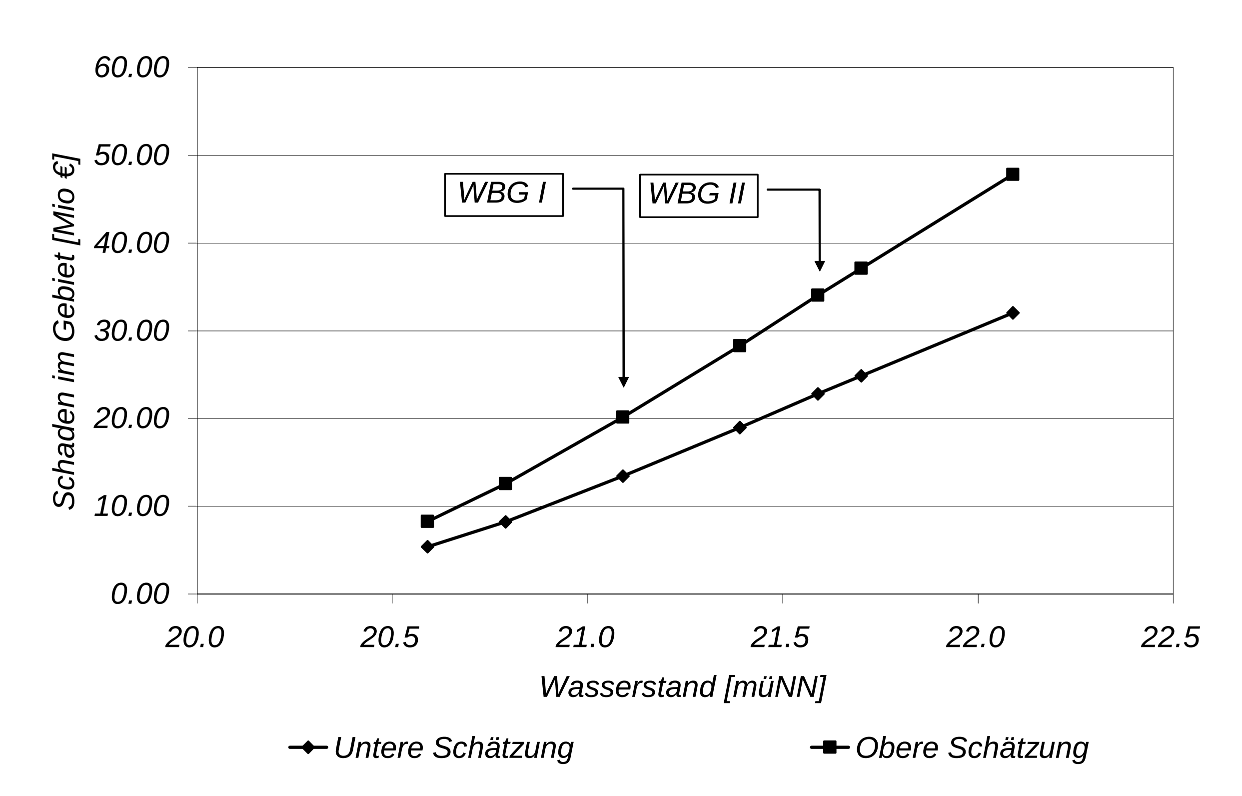


Abb. 6-10: Zusammenhang zwischen Volumen im Untersuchungsgebiet und Schaden.

6.4.2 Frankfurt (Oder)

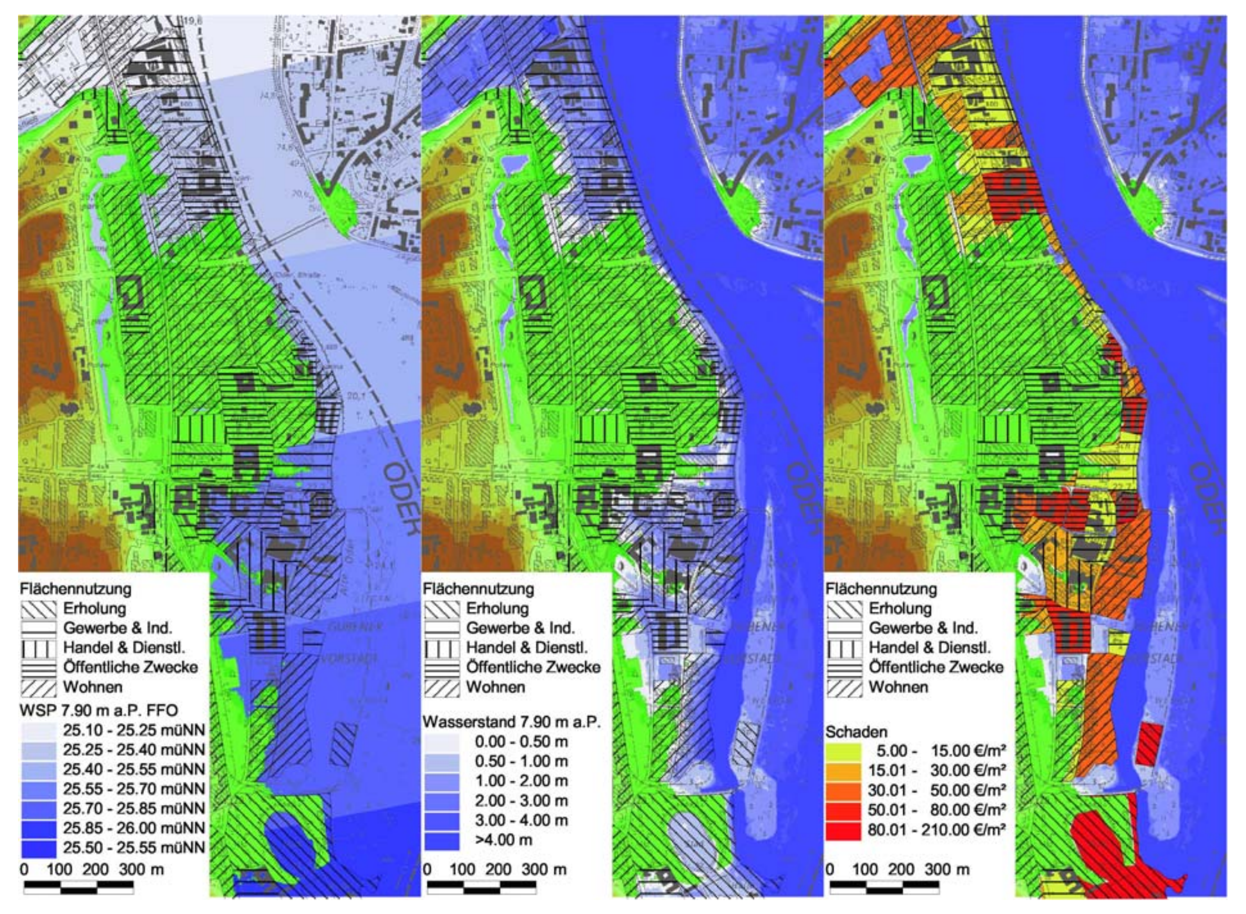


Abb. 6-11: Hydraulisches Extremszenario 7.9 m a. P. Frankfurt (Oder). Wasserspiegellage, Wasserstand und Schaden

Die Schadenberechnung für Frankfurt (Oder) basiert auf dem in Kapitel 6.3 beschriebenen mesoskaligen Verfahren. Anders als im Fallbeispiel Wittenberge wurde hier jedoch ein anderes Vorgehen bezüglich Hydrologie und Hydraulik gewählt. Es orientiert sich stark am Leitfaden Hochwassergefahrenkarten des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW 2003).

6.4.2.1 Hydraulische Modellierung

Der Hochwasserschutzgrad der Stadt Frankfurt (Oder) ist uneinheitlich, da sich die Hochwasserschutzbauwerke seit dem Oder-Hochwasser 1997 im Ausbau befinden. Während vor der Vereinigung der beiden deutschen Staaten das hundertjährige Hochwasser Bemessungshochwasser war, wurde nach 1997 das zweihundertjährige Hochwasser +0,5 m Freibord als Bemessungsereignis festgelegt. Dem HW_{200} wird ein Wasserstand von 6,70 m am Pegel Frankfurt (Oder) zugeordnet. Das entspricht einer geografischen Höhe von 24,23 müNN. Der Pegelnullpunkt befindet sich auf 17,53 müNN[23].

Unterstrom der Stadtbrücke (im oberen Bilddrittel der Abb. 6-11 links) ist der neue Schutzgrad bereits umgesetzt. Oberstrom der Stadtbrücke ist der neue Schutzgrad bis zur Landeszentralbank als Deich verwirklicht. Zwischen diesem Deich und der Stadtbrücke wurde aus Gründen des Stadtbildes eine mobile Wand favorisiert. Dieser Teil des Hochwasserschutzkonzeptes befindet sich in der Umsetzung[24]. Da für die Stadt derzeit ein einheitlicher Schutzgrad nicht existiert, setzt die Berechnung für den Istzustand eine genaue Kenntnis der derzeitigen Situation voraus. Für die Untersuchung stand ein Geländemodell zur Verfügung, das für das Projekt Odra Flood im Februar 2001 durch eine Laserscan-Befliegung angefertigt

---

[23] Herr Paech, Umweltamt Frankfurt / Oder

[24] Herr Liese, Landesumweltamt Brandenburg, Außenstelle Frankfurt / Oder.

wurde. Aus diesem waren die Höhendaten wegen des Erstellungsdatums 2001 nicht abzuleiten (siehe Kapitel 6.5.1.1).

Das Gefälle über den Untersuchungsbereich wurde der vom Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde zur Verfügung gestellten Fixierung des Hochwasserereignisses 2001 mit 0,28 ‰ entnommen. Da unterstellt wurde, dass sich das Gefälle im Hochwasserbereich nur wenig ändert, also das Gefälle des 2001-Ereignisses ungefähr dem des Hochwassers im Jahre 1997 entspricht, wurde für alle Pegelstände mit diesem Gefälle der Flusswasserstand in die Fläche extrapoliert. Abb. 6-11 links zeigt dies für ein Extremereignis HW200 + 1,2 m a. P, bei welchem auch die neuen Schutzbauwerke um 20 cm überströmt würden.

Neben dem bereits erwähnten Extremereignis wurde das HW_{200} (6,70 m a. P. Frankfurt (Oder)) der Scheitel des Hochwassers 1997 (6,57 m a. P. Frankfurt (Oder)) sowie die Pegelstände 6 und 5 m a. P. in der Berechnung berücksichtigt. Der Scheitel des Hochwassers 1997 lag wenig unter dem, den ein hundertjähriges Ereignis liefern würde.

Durch Verschneidung von Gelände- und Wasserspiegelmodellen entstanden Fließtiefenmodelle für die untersuchten Ereignisse. Für das Extremereignis sind die Fließtiefen in Abb. 6-11 Mitte dargestellt.

Aus den Fließtiefenmodellen wurden jeweils die Volumina berechnet. Diese sind mit den Volumina der anderen Fallbeispiele aber nur begrenzt vergleichbar, da für Frankfurt (Oder) kein hydraulisches Näherungsverfahren durchgeführt wurde. Für Frankfurt (Oder) wird daher in Abb. 6-12 das Wasservolumen innerhalb der Stadtgrenze angegeben. Die Stadtgrenze liegt als ATKIS-Objekt vor.

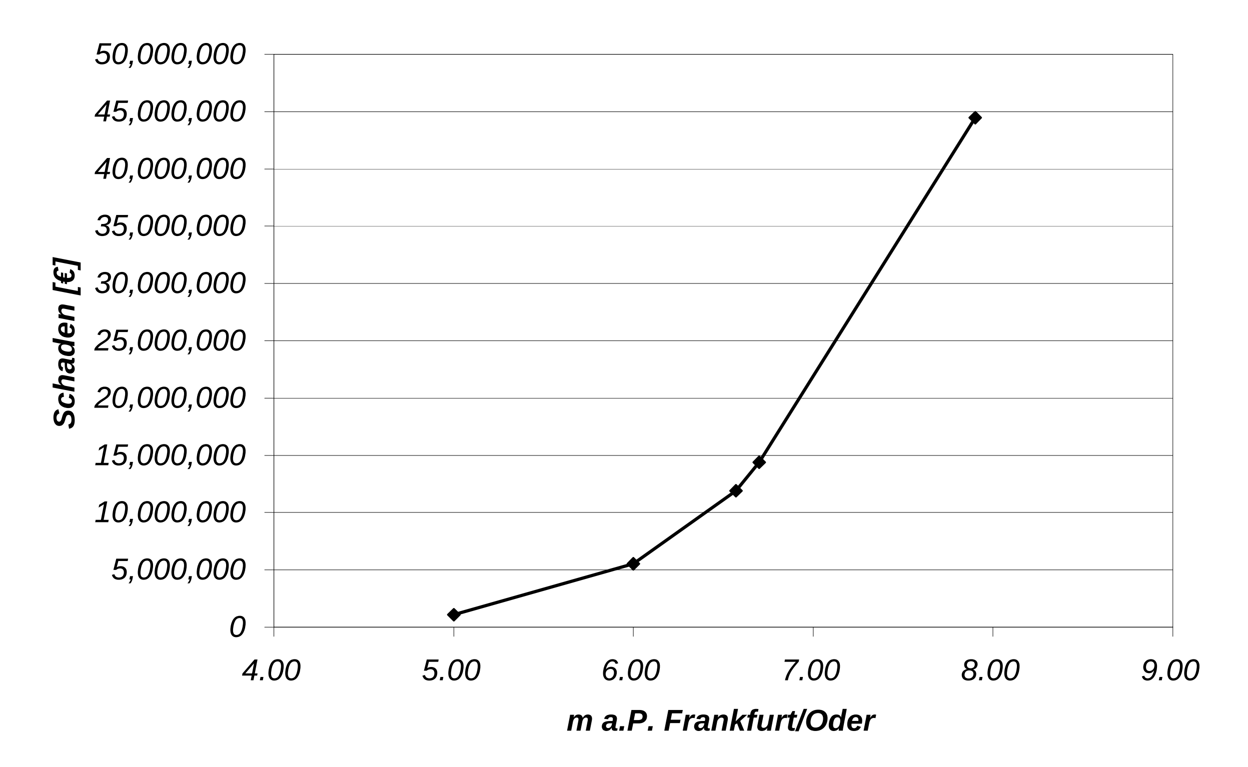


Abb. 6-12: Volumen innerhalb der Stadtgrenze für die untersuchten Wasserstände am Pegel.

6.4.2.2 Schadenberechnung

Hochwasserschäden für Frankfurt (Oder) wurden wegen des fehlenden einheitlichen Schutzgrades ohne Berücksichtigung des Hochwasserschutzes berechnet. Schäden, die für Ereignisse unterhalb des derzeitigen Schutzgrades berechnet wurden, sind daher als Nutzen des Hochwasserschutzes aufzufassen. Mit der in Kapitel 6.3 beschriebenen Methodik wurden Schäden für die fünf beschriebenen Wasserstände a. P. Frankfurt (Oder) nach folgendem Schema berechnet: Für den überströmten Teil jeder ATKIS-Fläche (Schadenfläche) wird eine mittlere Fließtiefe ermittelt. Mit dieser und den nutzungsabhängigen Parametern der Schadenfunktionen wird ein relativer Schaden pro Schadenfläche ermittelt. Die Multiplikation der Größe jeder Schadenfläche mit den nutzungsabhängigen Einheitswerten für Gebäude (und Inventar) er-

gibt einen Flächenwert. Der Schaden pro Schadenfläche ergibt sich schließlich durch die Multiplikation des Flächenwertes mit dem relativen Schaden. Abb. 6-11 rechts zeigt das Ergebnis der Schadenberechnung für das Extremszenario. Dargestellt ist der Schaden in €/m². Als Gitter ist die Flächennutzung dargestellt. Die Darstellung basiert auf der von MERZ & GOCHT (2003) vorgeschlagene Methodik zur Darstellung des Hochwasserrisikos. Die Verwendung einer mittleren Fließtiefe pro Schadenfläche. führt im Einzelfall dazu, dass sich der Schaden trotz homogener Nutzung sprunghaft ändert.

Um die Unsicherheit der Schadenberechnung darzustellen, wurde eine untere und obere Schätzung abgeleitet. Die obere Schätzung entstand aus der Anwendung der in Tab. 6-4 gezeigten Einheitswerte Märkisch Oderland. Für die untere Schätzung wurden die Einheitswerte für Handel und Dienstleistungen um 20 %, für Gewerbe und Industrie um 80 %, für Wohnen um 40 % sowie für Erholung um 40 % abgemindert. Diese Abminderung wurde nach einer Bereisung des Untersuchungsgebietes, bei der Bebauungsdichte und tatsächliche Nutzung festgestellt wurde, durchgeführt. Die schwache Besetzung des Industriegebietes im Norden der Stadt rechtfertigt die Reduktion um 80 %. Der unklare tatsächlich zu erwartende Schaden am Stadion der Freundschaft (in Abb. 6-11 ganz unten) ließ eine Reduktion des Einheitswertes Erholung um 40 % angemessen erscheinen.

Abb. 6-13 stellt den Zusammenhang zwischen Wasserstand a. P. Frankfurt (Oder) und Schaden grafisch dar. Danach ergibt sich für das Ereignis 1997 ein verhinderter Hochwasserschaden zwischen 7,5 und 12 Mio. €. Tatsächlich kam es 1997 zu Hochwasserschäden, die allerdings wegen intensiver Deichverteidigungsmaßnahmen wesentlich geringer ausfielen.

Durch Interpolation lassen sich aus Abb. 6-13 weitere Werte gewinnen. Beispielsweise können Schäden zwischen 25 und 40 Mio. € verhindert werden, wenn ein Hochwasserschutz auf HW_{200}+1m umgesetzt wird.

Aus der Kombination der Abbildungen Abb. 6-12 und Abb. 6-13 lässt sich der in Abb. 6-14 gezeigte grafische Zusammenhang zwischen Schaden und Volumen innerhalb der Stadtgrenze ableiten.

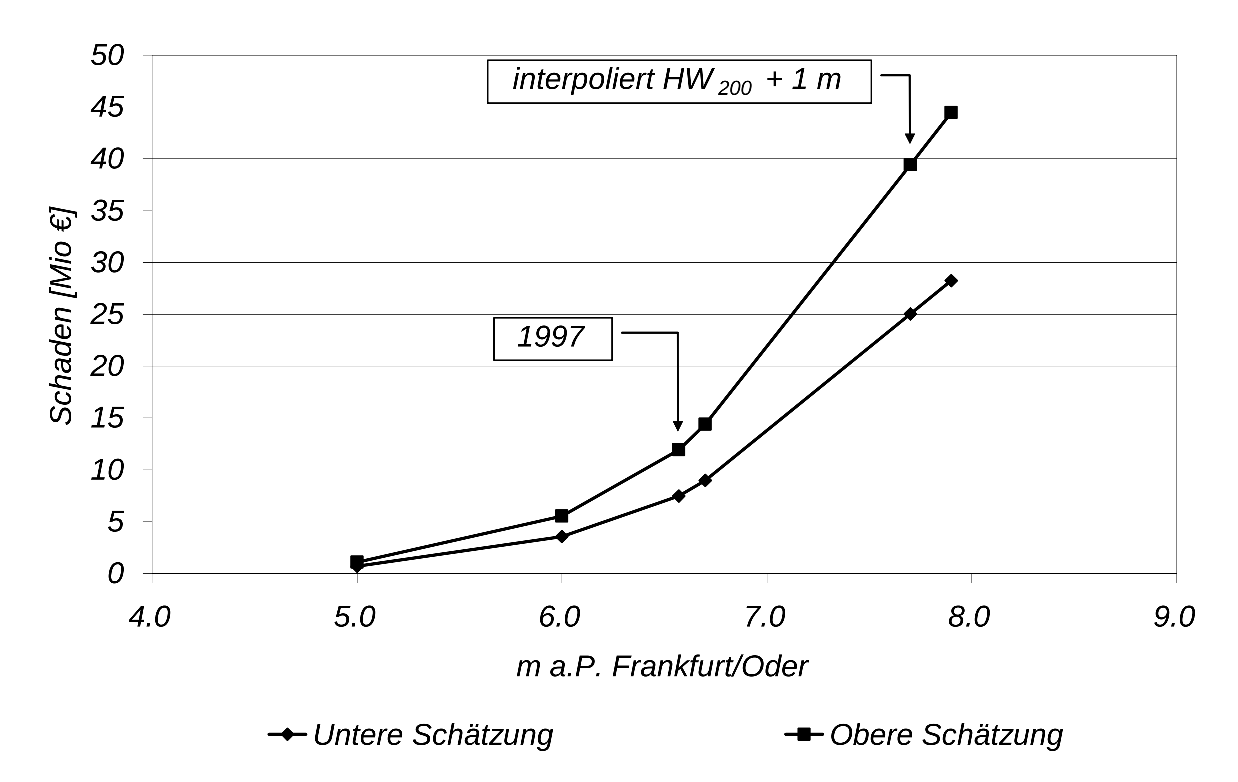


Abb. 6-13: Schaden in Abhängigkeit des Wasserstandes am Pegel Frankfurt (Oder)

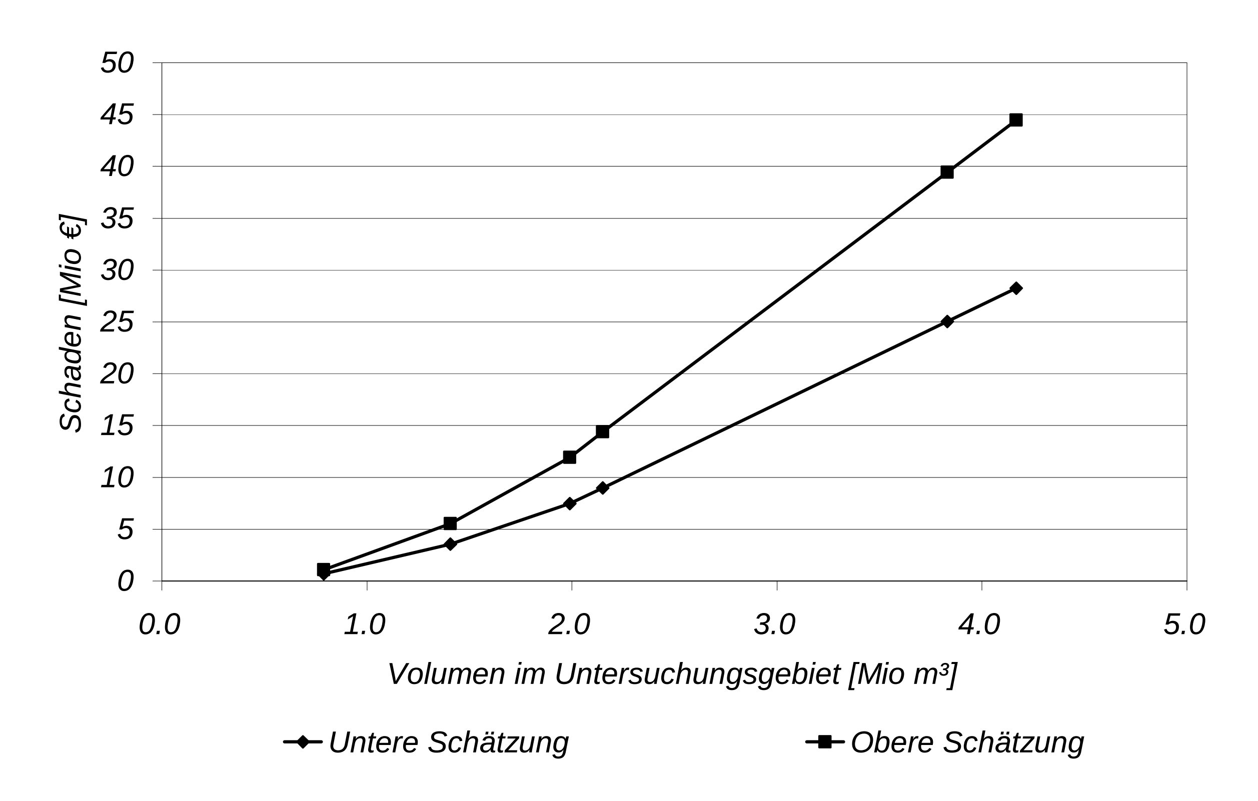


Abb. 6-14: Zusammenhang zwischen Schaden und Volumen innerhalb der Stadtgrenze

6.5 Anwendung der gebäudebezogenen Schadenermittlung

6.5.1 Slubice

6.5.1.1 Der Deich in Slubice

In Abb. 6-15 ist der Slubice abdeckende Bereich des für das Projekt zur Verfügung stehenden Geländemodells abgebildet. Es wurde für das Projekt Odra Flood im Februar 2001 durch eine Laserscan-Befliegung angefertigt. Die Rasterweite beträgt 1 m. Die Höhengenauigkeit wird mit 15 cm angegeben[25]. Aus diesem hoch auflösenden Geländemodell wurden die in Abb. 6-16 dargestellten Höhen der Deichkrone herausgelesen.

Da keine amtlichen Angaben zu einer Deichkilometrierung vorlagen, wurde diese im Südosten beginnend festgelegt. Die Deichkilometrierung folgt damit der Fließrichtung in der Oder. Die auffälligste Strecke im Deichverlauf ist sicherlich die Stadtbrücke nach Frankfurt (Oder) zwischen Deichkilometer 1,2 und 1,4. Von Deichkilometer 2,0 an ist eine Fehlhöhe der Krone festzustellen. Sie nimmt bis Deichkilometer 2,5 stetig zu, um von dort an bis Deichkilometer 2,8 auf einem Niveau rund 68 cm unter der Solldeichhöhe zu verharren. Von Deichkilometer 2,8 bis 2,9 wird die Solldeichhöhe wieder erreicht. Die Solldeichhöhe ist das HW_{200}+1m Freibord.

Aussagen zur Deichhöhe liegen von amtlicher Polnischer Seite zurzeit nicht vor. Für 1997 ist bekannt, dass eine Überströmung des Deiches durch Aufkadung mit 4 Lagen Sandsäcken verhindert worden ist[26]. Als Bemessungshochwasser wurde mit der deutschen Seite das HW_{200} +1 m Freibord vereinbart[27]. Die Auswertung des Geländemodells im Vergleich mit dem Scheitel des Ereignisses aus dem Juli 1997 zeigt deutlich, dass der Deich seitdem erhöht wurde. Die Auswertung des Geländemodells weist darauf hin, dass bei dieser Erhöhung die oben beschriebenen Fehlhöhen nicht ausgeglichen wurden.

[25] Michael Wissen, DLR, mündliche Miteilung, Jens Martin, LUA Brandenburg, Mitteiliung per email

[26] Axel Bronstert , Universität Potsdam, mündliche Mitteilung

[27] Herr Liese, Landesumweltamt Brandenburg, Außenstelle Frankfurt Oder, mündliche Miteilung.

Daher erscheint es durchaus plausibel in diesem Bereich ein Überströmen oder Versagen des Deiches anzunehmen. Die Breite des überströmten Deichabschnittes wurde mit 300 m ermittelt. Sie ist und in Abb. 6-15 gelb eingetragen. Dem Mittelpunkt dieses Abschnittes lässt sich der Oder-km 585,5 zuordnen.

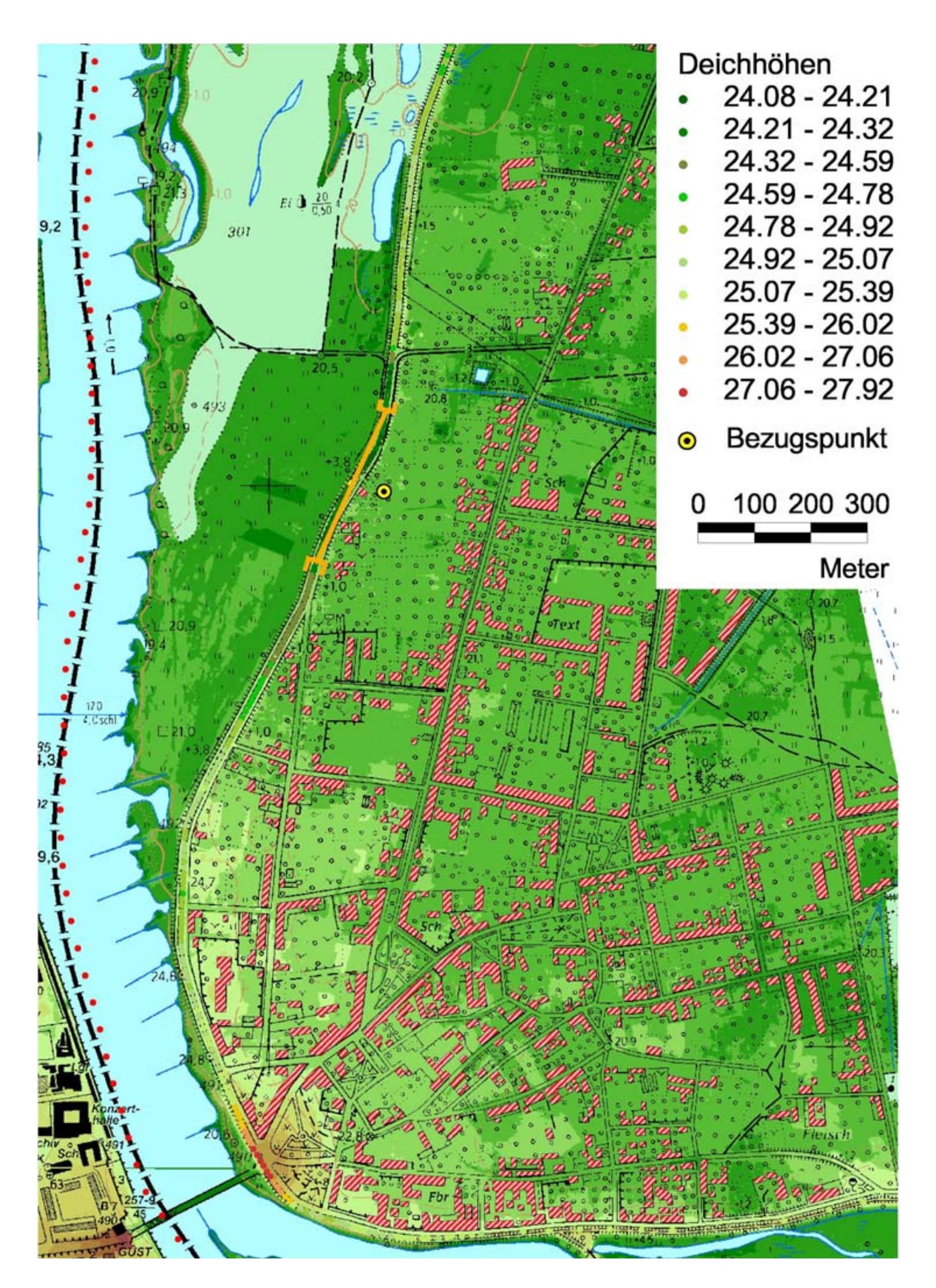


Abb. 6-15: Slubice, Lageplan mit Gebäudebestand der TK 10. Deichhöhen in müNN. Der überströmte Bereich des Deiches ist dunkelgelb gezeigt

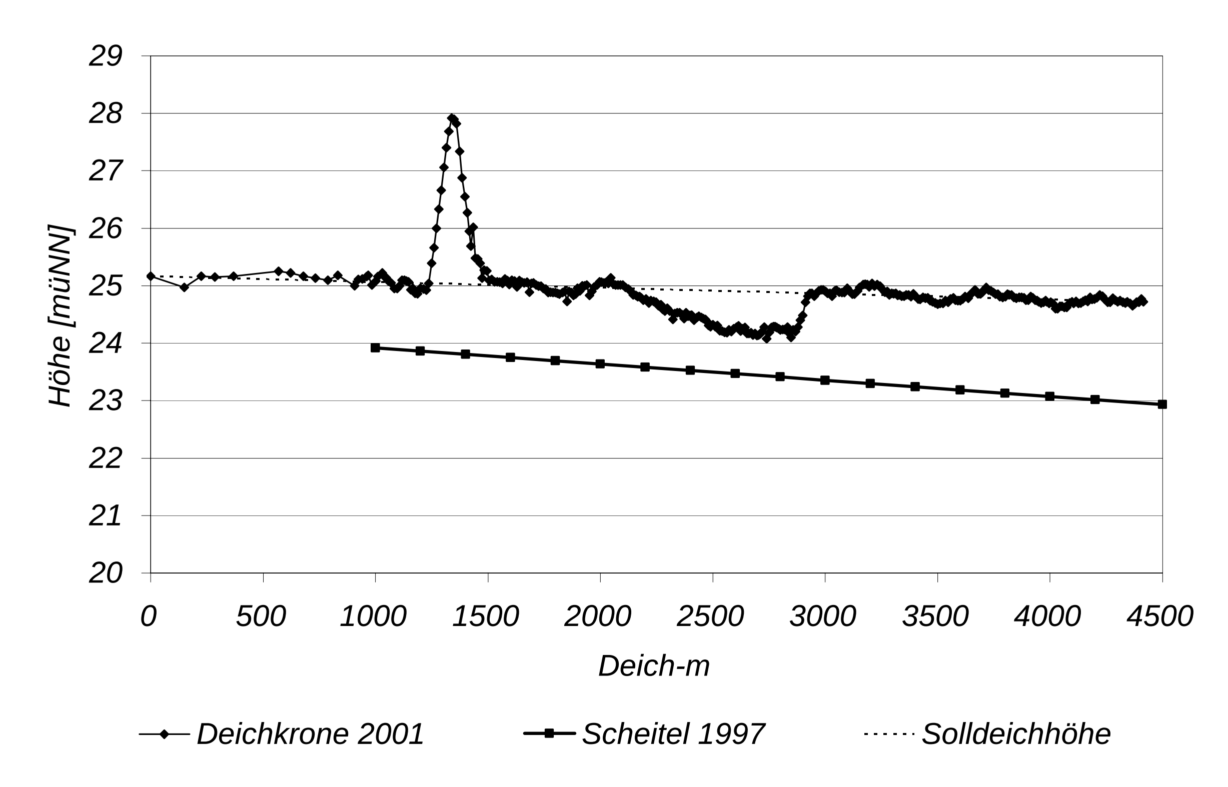


Abb. 6-16: Deichhöhen von Slubice aus dem für ODRA-FLOOD erstellten Geländemodell

6.5.1.2 Hydrologie und Hydraulik

Auf Wunsch des Landesumweltamts Brandenburg wurde einer Überflutung Slubices das Hochwasserereignis aus dem Juli 1997 zu Grunde gelegt. Daher ist ein Höhenbezug zwischen dem Pegel Frankfurt (Oder), Oder-km 584,0 und der Versagensstelle herzustellen. Aus der vom Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde zur Verfügung gestellten Fixierung des Hochwasserereignisses 2001 lässt sich ein Gefälle von 0,28 ‰ ableiten. Aus der Entfernung zwischen Pegel und Versagensstelle (1,5 km) errechnet sich eine Höhendifferenz von 0,42 m.

Dieses Gefälle wurde verwendet, um die in Abb. 6-16 gezeigte Scheitelhöhe des Ereignisses 1997 darzustellen, da unterstellt wurde, dass sich das Gefälle im Hochwasserbereich nur wenig ändert, also das Gefälle des 2001-Ereignisses ungefähr dem des Hochwassers im Jahre 1997 entspricht. Die Verwendung einer Fixierung des Ereignisses von 1997 wäre dem gewählten Vorgehen vorzuziehen gewesen. Von einer Aufzeichnung am Pegel Frankfurt (Oder) sind damit 42 cm in Abzug zu bringen, möchte man sie mit der im vorigen Kapitel beschriebenen Versagensstelle in Beziehung setzen.

Aus messtechnischen Gründen wurden bisher keine Durchflüsse am Frankfurter Pegel gemessen[28]. Stattdessen werden die Durchflüsse des Pegels Eisenhüttenstadt auf den Frankfurter Pegel bezogen. Im August 1997 kam es jedoch oberstrom Frankfurt (Oder) zu mehreren Deichbrüchen in der Ziltendorfer Niederung, wodurch die Wasserstandsganglinie am Pegel Frankfurt (Oder) überprägt wurde. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit davon abgesehen, die Durchflüsse des Pegels Eisenhüttenstadt zu verwenden. Die Auswirkungen der Deichbrüche auf die Scheitelwasserstände werden als gering eingeschätzt[29].

Die geschilderten Zusammenhänge legen eine recht pragmatische Herangehensweise nahe: Selbstverständlich sind größere Ereignisse als das vom Juli 1997 möglich, denkbar ist auch, dass nicht erfolgende Deichbrüche zu höheren Wasserständen in Frankfurt (Oder) und Slubice führen. Die Form einer solchen Hochwasserwelle ist nicht zu erraten. Daher wurde die Ganglinie des 97er Ereignisses parallel verschoben, bis

[28] Cornelia Lauschke, Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde, mündliche Miteilung.

[29] Kahnt, Landesumweltamt Brandenburg, Außenstelle Frankfurt (Oder), mündliche Mitteilung.

bis für das Szenario SLB I die Versagensstelle um 10 cm, für das Szenario SLB II um 20 cm überströmt wurde.

Das in den deichgeschützten Bereich von Slubice einströmende Wasservolumen wurde unter Verwendung der Wehrformel von Poleni

$$Q = \sigma_{St} \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{3/2} \qquad \text{Gl. 6-3}$$

mit μ: Abflussbeiwert, L: Streichwehrlänge und H: Überfallhöhe zurückgegriffen. Der Abflussbeiwert wurde mit 0,4 sehr klein gewählt. Für die parallele Anströmung wurde keine weitere Abminderung des Beiwertes eingeführt. Die Länge des überströmten Bereiches beträgt 300 m, die Deichkrone des überströmten Bereiches wurde für das Szenario SLB I mit Scheitel_{HW1997} -10 cm und für das Szenario SLB II mit Scheitel_{HW1997} - 20 cm festgelegt.

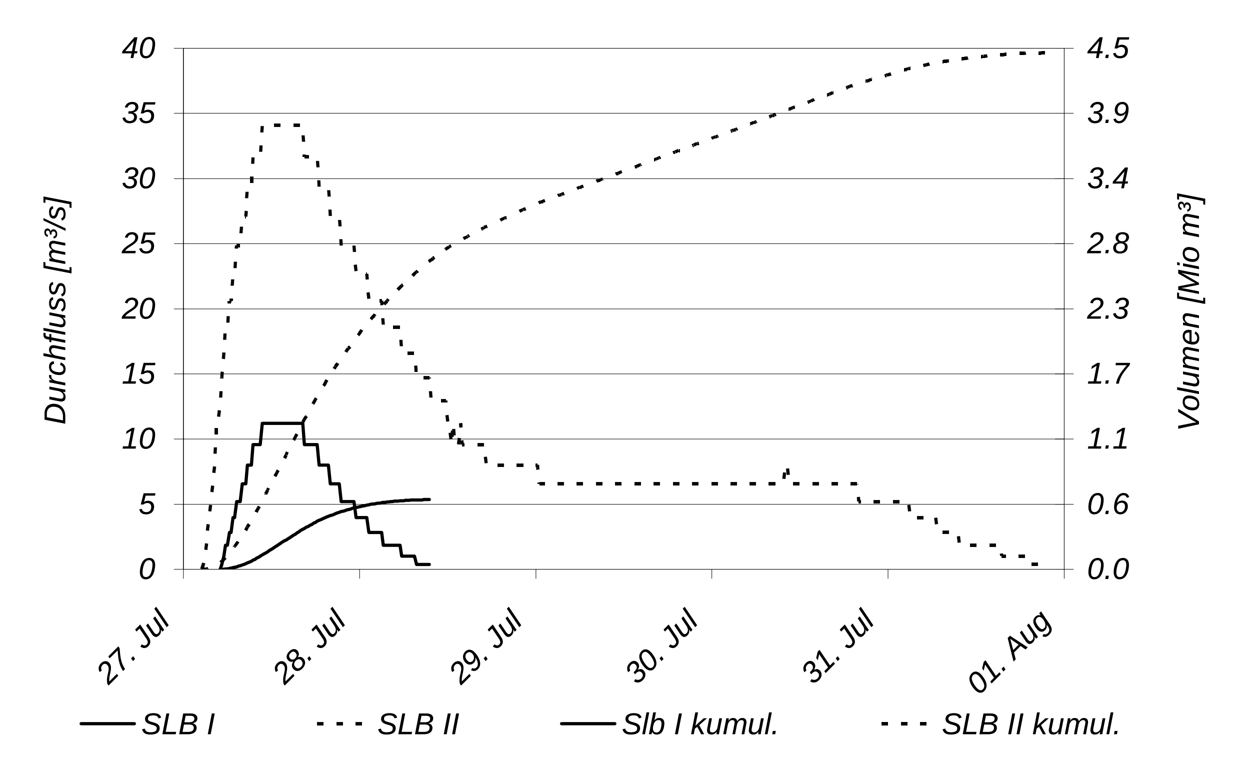


Abb. 6-17: Durchfluss und Volumen für die Szenarios SLB I und SLB II

Die Abb. 6-17 fasst die Ergebnisse der Berechnung zusammen. Mit Bezug zur linken Achse sind die Durchflüsse der Szenarios SLB I und SLB II dargestellt. Sie erreichen maximal 11 bzw. 34 m³/s. Die kumulierten Volumen sind mit Bezug zur rechten Achse dargestellt. Für das Szenario SLB I werden 600 000 m³, für das Szenario SLB II 4,46 Mio. m³ erreicht. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass 29 % des SLB II-Volumens aus dem nur sehr langsam fallenden Ast der Hochwasserwelle ab dem 29. Juli stammen.

6.5.1.3 Überflutungsflächen und zugehörige Volumen

Die Ermittlung von Überflutungsflächen ist nicht trivial, da das die Überflutung herbeiführende Wasservolumen zwar für die Szenarios SLB I und II bekannt ist, das Volumen im deichgeschützten Bereich aber das Ergebnis der Überflutungsflächenberechung ist. Die zu einem bekannten Volumen gehörige Überflutungsfläche ist also nur iterativ bestimmbar. Um den damit verbundenen Aufwand zu verringern, wurde für bestimmte vorgewählte Fließtiefen an einem noch näher zu erläuternden Bezugspunkt Überflutungsflächen, Fließtiefen und letztlich Volumina errechnet. Das Ergebnis der Überflutungsflächenberechnung ist damit ein grafischer Zusammenhang zwischen Fließtiefe am Bezugspunkt und Volumen im deichge-

schützten Gebiet. Die Fließtiefe für die Szenarios SLB I und II kann diesem Zusammenhang durch Interpolation entnommen werden.

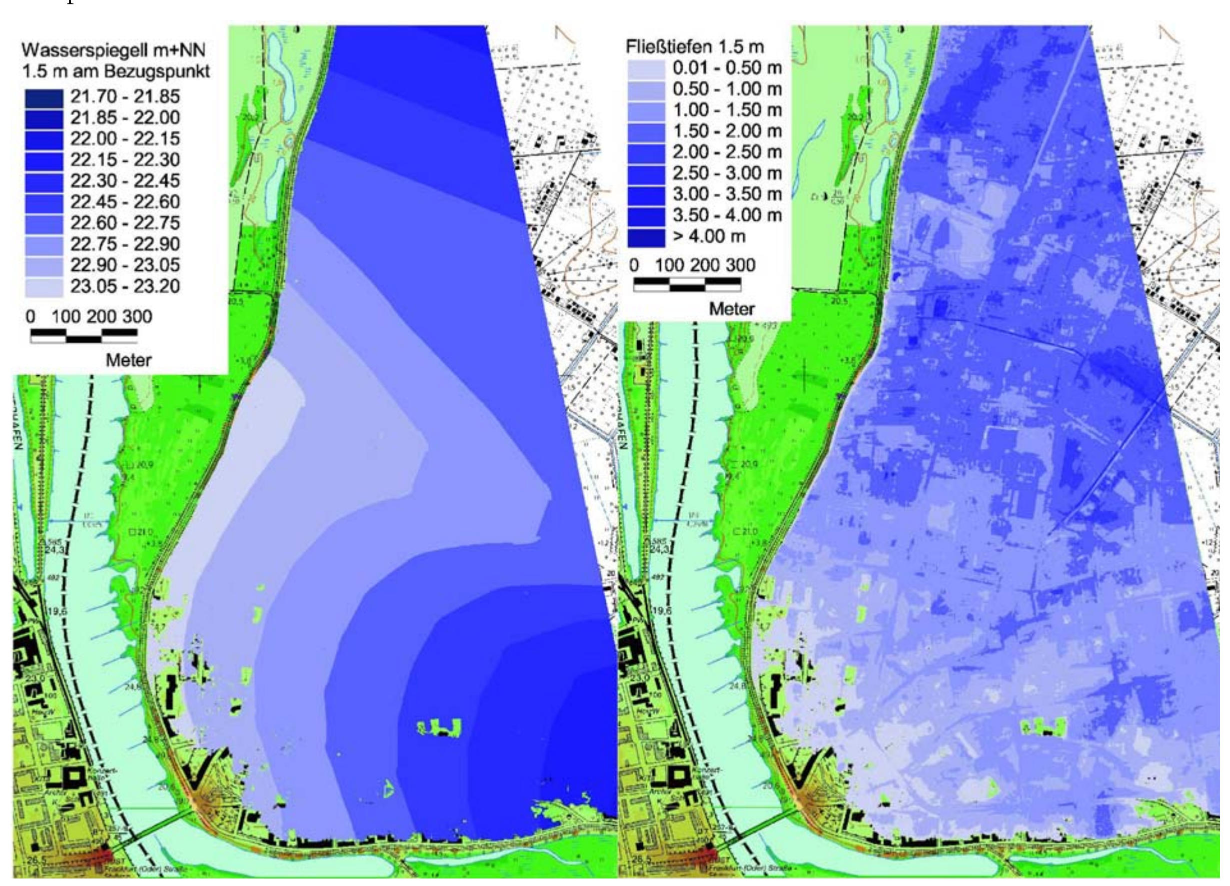


Abb. 6-18: Wasserspiegellage und Fließtiefen für 1,5m am Bezugspunkt

Der Bezugspunkt ist eine Hilfskonstruktion ohne Ergebnisrelevanz. Er ist notwendig, da die Fließtiefe im Untersuchungsgebiet stark variiert. Er erfüllt dieselbe Funktion wie der Pegel an einem Gewässer. Da es aber keinen sinnvollen Zusammenhang zwischen dem Pegel Frankfurt (Oder) und der deichgeschützten Fläche Slubices gibt, war ein sinnvoller Pegel oder Bezugspunkt im Untersuchungsgebiet zu definieren. Dieser liegt in der Mitte des überströmten Deichabschnittes, 56 m hinter der Deichkrone. Der Bezugspunkt ist in Abb. 6-15 dargestellt.

Ein weiteres zu lösendes Problem stellt die Topografie der Ortslage Slubice dar. Wie ebenfalls Abb. 6-15 zu entnehmen ist, befindet sich der höchste Bereich der Ortslage an der Stadtbrücke nach Frankfurt (Oder). Von dort fällt das Gelände in alle Richtungen. Das Geländemodell deckt nicht die gesamte Talbreite ab. Damit ist eine Ermittlung von Einstauvolumen durch horizontale Extrapolation, wie es beim Einstau einer Mulde durchaus statthaft ist, mit sehr großen Fehlen behaftet: Bei einer Breite der Ortslage von 1 300 m und einem angenommenen Gefälle von 1 ‰ betrüge dieser Fehler 1,3m in der Fließtiefe. Die Aufgabenstellung lässt sich ohne eine Ausbreitungsrechnung (eine 2-dimensionale instationäre Berechnung der Wasserspiegellagen) im Grunde nicht zufrieden stellend lösen. Da dies im Rahmen des Projektes nicht zu leisten war, wurde eine Näherungslösung gewählt:

Für stationär-ungleichförmige Abflussverhältnisse darf das Wasserspiegellagengefälle mit dem Sohlgefälle gleichgesetzt werden. Selbstverständlich ist die Überflutung einer Ortslage zu keinem Zeitpunkt stationär. Dennoch wurde der pragmatische Ansatz gewählt, aus dem Geländemodell die Gefälle abzuleiten und diese auf einen angenommenen Überflutungswasserspiegel wie in Abb. 6-18 links gezeigt zu übertragen. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen: Im Bereich südlich der Versagensstelle steigt das Gelände. Hier wurde ein ebener Wasserspiegel angenommen. Im Bereich östlich und nördlich der Versagensstelle fällt das Gelände. Daher wurde das Gefälle hier auf den Wasserspiegel übertragen. Die Abb. 6-18 rechts zeigt die Fließtiefen, wie sie aus der Verschneidung von Wasserspiegel- und Geländemodell entstehen. Anlage 6.1 im Anhang zeigt die Fließtiefenmodelle für die anderen untersuchten Fließtiefen am Bezugspunkt. Aus den gezeigten Fließtiefenmodellen lässt sich das im Untersuchungsgebiet befindliche Wasser-

volumen ermitteln. Abb. 6-19 zeigt als Zwischenergebnis den Zusammenhang zwischen Fließtiefe am Bezugspunkt und Wasservolumen im Untersuchungsgebiet.

Aus diesem Zusammenhang lässt sich durch Interpolation eine Fließtiefe am Bezugspunkt für die Szenarios SLB I und SLB II ableiten. Zu beachten ist hierbei, dass ein dynamischer Prozess angenähert ist. Das Wasser wird nicht im Untersuchungsgebiet gespeichert, sondern durchfließt es. Daher ist eine Verwendung der vollständigen Volumina der beiden Szenarios nicht statthaft. Vielmehr ist nach dem Zeitpunkt zu fragen, an welchem die maximalen Fließtiefen zu erwarten sind. Das maßgebende Volumen ist damit dann erreicht, wenn der Scheitel der Welle die Versagensstelle durchlaufen hat. Für das Szenario SLB I beträgt das maßgebliche Volumen 345 000 m³ oder 57 % des Gesamtvolumens von 602 000 m³, für das Szenario SLB II werden 1 264 000 m³ oder 28 % des Gesamtvolumens von 4 461 000 m³ erreicht. Der geringere Anteil für das Szenario SLB II findet seine Begründung im langsam fallenden Ast der Hochwasserwelle, wie Abb. 6-17 entnommen werden kann.

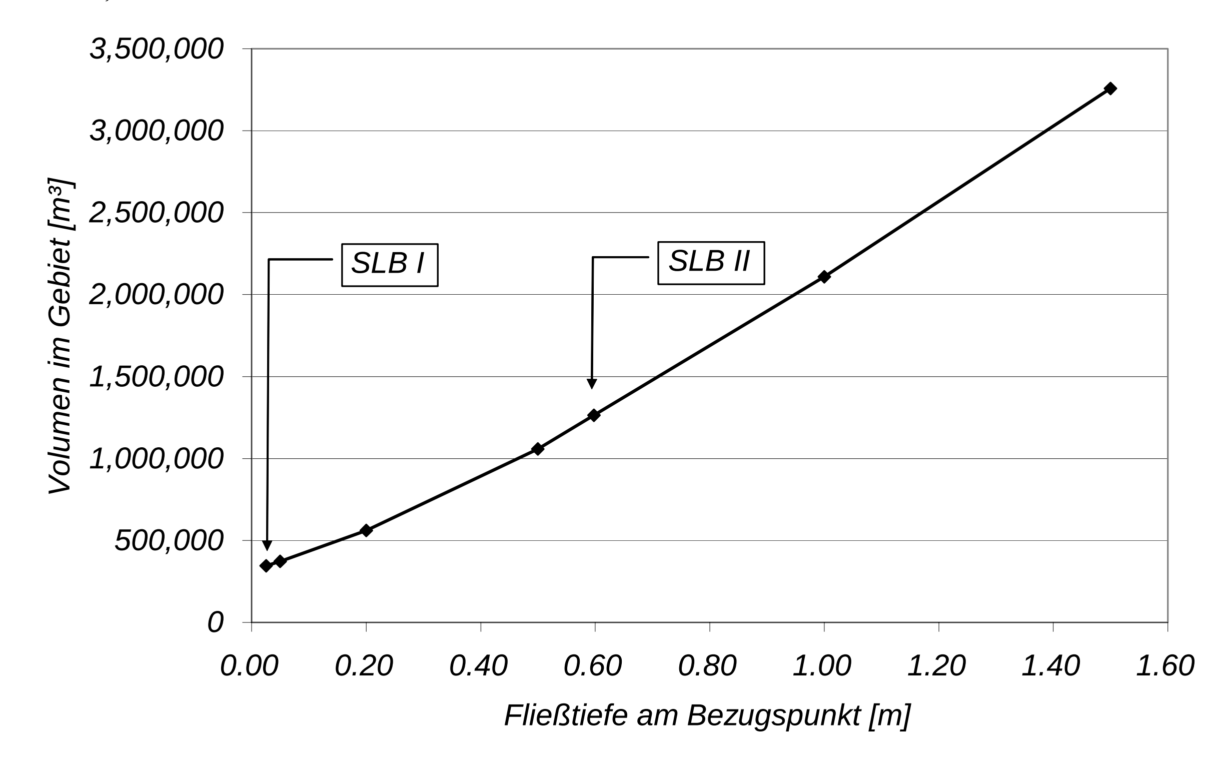


Abb. 6-19: Zusammenhang zwischen Wasservolumen im Untersuchungsgebiet und Fließtiefe am Bezugspunkt.

Die Abb. 6-19 stellt das bisher erreichte Zwischenergebnis dar. Danach wird beim Szenario SLB I eine Fließtiefe am Bezugspunkt von rund 3 cm erreicht, für das Szenario SLB II beträgt die maximale Fließtiefe am Bezugspunkt 60 cm.

6.5.1.4 Schadenberechnung

Für die Schadenberechnung war eine geeignete Berechnungsgrundlage zu beschaffen. Da ein dem deutschen ATKIS entsprechendes System dem Verfasser für Polen nicht bekannt ist, wurde auf den Gebäudebestand zurückgegriffen, der auf der Website der Stadt Slubice veröffentlicht ist (www.slubice.pl). Neben der Nutzung war hier auch ein grob klassifiziertes Gebäudealter verfügbar. Dies macht eine mikroskalige Schadenberechnung, d.h. eine Schadenberechnung auf Gebäudeebene sinnvoll. Abb. 6-20 zeigt den aufbereiteten Gebäudebestand mit den Fließtiefen für 50 cm am Bezugspunkt. Dies entspricht einem Volumen von 1 060 000 m³ im Untersuchungsgebiet und ist die grafische Darstellung, die dem Szenario SLB II am nächsten kommt.

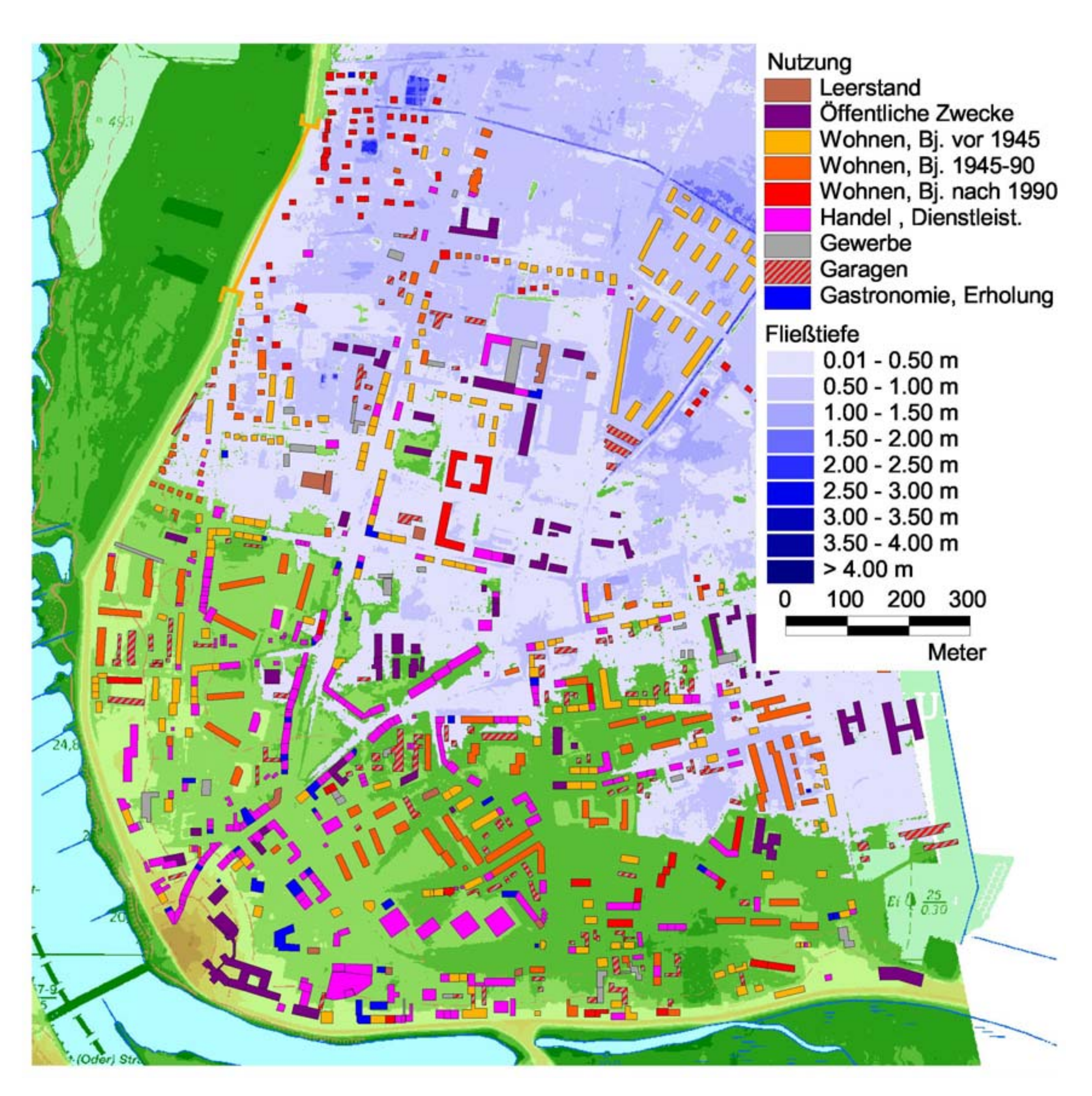


Abb. 6-20: Gebäudebestand von Slubice und Fließtiefen für 50 cm am Bezugspunkt

Abb. 6-21 zeigt die insgesamt 984 durch die Stadt Slubice erfassten Objekte sortiert nach Nutzungen. Für den Wohngebäudebestand wurde die Altersklassifizierung mitgeführt. Durch die Lage an der deutschen Grenze hat Slubice eine starke Prägung als lokales Handels- und Dienstleistungszentrum. 26 % des gesamten Gebäudebestandes entfallen auf diesen Sektor. Den größten Anteil an der Bebauung stellt jedoch der private Wohnbereich mit 43 %. Aus der farblichen Codierung der Abb. 6-20 kann entnommen werden, das Wohngebäude aus allen Altersklassen im hochwassergefährdeten Bereich zu finden sind. Garagen werden als freistehende, zum Sektor Wohnen gehörige Objekte aufgefasst. Die übrigen Sektoren sind auf Grund ihrer geringen Anzahl von untergeordneter Bedeutung.

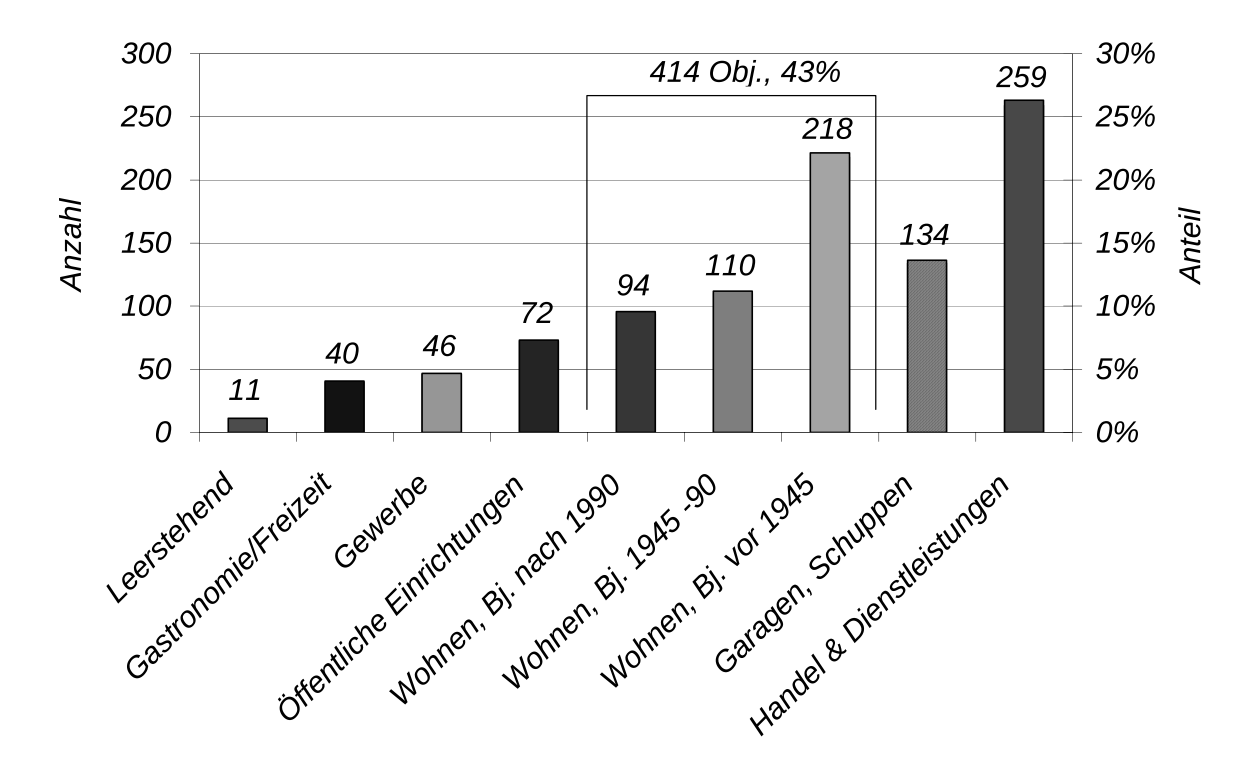


Abb. 6-21: Gebäudebestand von Slubice nach Nutzungen

Die in der Ortslage Slubice zu erwartenden Schäden sollen mit Hochwasserschutz-Investitionen auf deutscher Seite verglichen werden. Daher ist es wesentlich, dass eine Schadenberechnung diskriminierungsfrei durchgeführt wird. Eine Geldeinheit eines in Polen auftretenden bzw. vermiedenen Hochwasserschadens darf daher nicht mit einer Geldeinheit (derselben Währung) einer Investition in Hochwasserschutz in Deutschland verglichen werden. Vielmehr ist der Hochwasserschaden mit der Leistungsfähigkeit der entsprechenden Volkswirtschaft in Beziehung zu setzen. Die Beträge wären mittels des Bruttoinlandsproduktes (BIP) oder einer anderen geeigneten Größe, die für beide Staaten in vergleichbarer Form vorliegt, zu skalieren. Da Polens Volkswirtschaft schwächer als die deutsche ist, wäre im Ergebnis der vermiedene Hochwasserschaden um den Quotienten aus deutschem und polnischem Bruttoinlandsprodukt zu vergrößern:

$$HWS_D = HWS_P \cdot \frac{BIP_D}{BIP_P} \quad \text{Gl. 6-4}$$

mit HWS: Hochwasserschaden und Index P für Polen sowie Index D für Deutschland. Das im Prinzip einfache Vorgehen wird dadurch erheblich erschwert, dass für beide Staaten vergleichbare volkswirtschaftliche Faktoren derzeit nicht vorliegen, bzw. aufwändig herzuleiten sind. Dieser Aufwand war innerhalb des Projektes nicht zu leisten. Daher wurde ein wesentlich einfacheres Verfahren gewählt: Die Hochwasserschäden für Slubice wurden über Schadenfunktionen berechnet, die aus der deutschen Schadendatenbank HOWAS bzw. einer auf ihr aufbauenden Studie abgeleitet wurden. Es wurde also von vorne herein von einer deutschen Datenbasis ausgegangen. Damit entfällt die oben beschriebene Problematik.

Herzstück der mikroskaligen Schadenermittlung ist die Ableitung von geeigneten Schadenfunktionen. Für diese Studie wurde auf eine am Institut für Wasserwirtschaft und Kulturbau erstellte Analyse der HOWAS-Datenbank zurückgegriffen (IWK 1999). Diese Auswertung beruht auf 2 221 Schadenfällen aus 9 Hochwasserereignissen zwischen 1983 und 1994. Aus dieser wurden absolute Schadenfunktionen abgeleitet. Solche geben den Schaden in Geldeinheiten abhängig vom Wasserstand am „Element at Risk“ an. Unter Schaden wird in dieser Untersuchung die Summe aus Gebäude- und Inventarschaden verstanden. Die HOWAS-Datenbank enthält eine Reihe von Funktionen, die für die Beschreibung von Hochwasserschäden geeignet sein sollen. Die Auswahl der Funktion hat einen sehr starken Einfluss auf den berechneten Schaden, lässt sich aber im Einzelfall nur schwer begründen. Daher wird empfohlen, die Wurzelfunktion

$$S = B \cdot \sqrt{W}$$ Gl. 6-5

mit S: Schaden, B: Parameter der Schadenfunktion und W: Wasserstand zu verwenden (Merkel 1999). Der in Abb. 6-22 gezeigte starke Anstieg der Wurzelfunktion im unteren Bereich beschreibt die in engem Abstand auftretenden Schäden in Keller und Erdgeschoss. Der schwächere Anstieg bei größeren Wassertiefen beschreibt die allmähliche Zunahme des Schadens mit der Fließtiefe. Ein Nachteil der Wurzelfunktion ist, dass sie keine Sättigung kennt, also mit zunehmendem Wasserstand immer größere Schäden angibt, obwohl in der Realität damit zu rechnen ist, dass es eine Schadenobergrenze pro Bauwerk gibt.

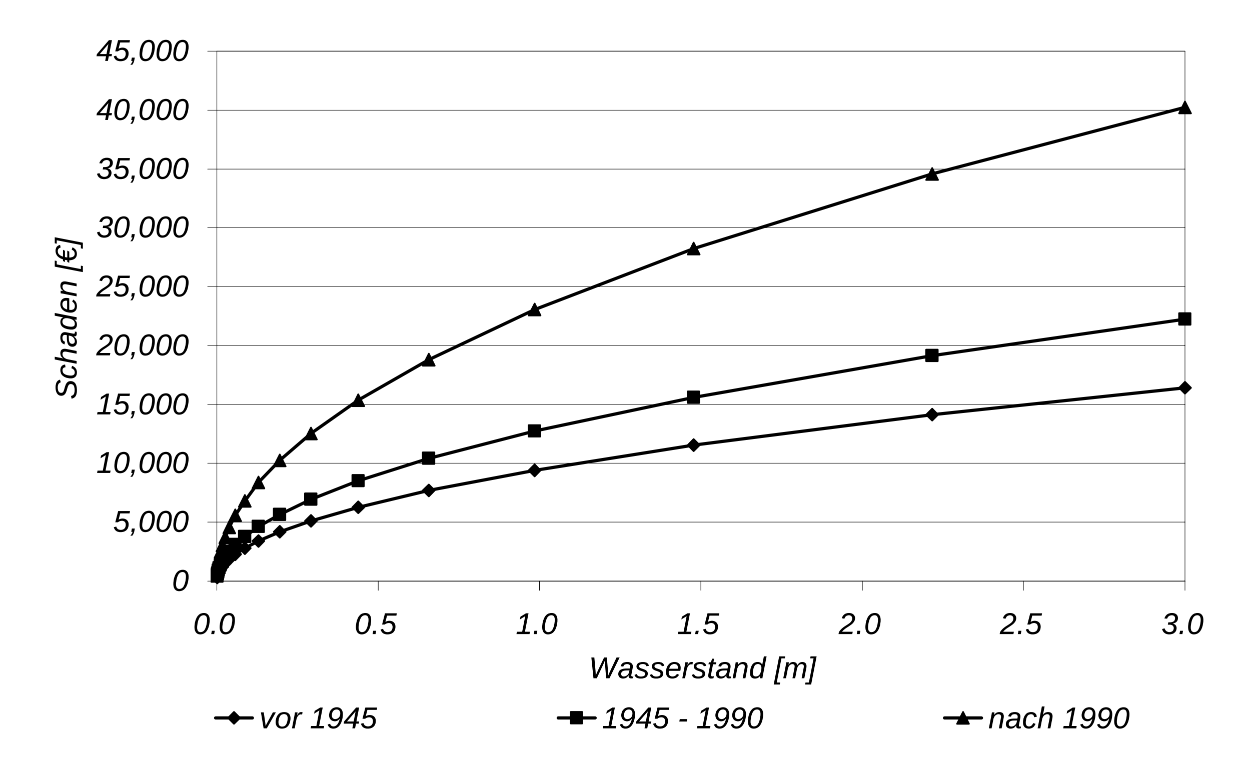


Abb. 6-22: Schadenfunktionen für Wohngebäude, Gebäude- und Inventarschaden

Für jeden der in Abb. 6-21 gezeigten Sektoren wurde eine Schadenfunktion abgeleitet, die summarisch Gebäude- und Inventarschaden beschreibt. Im privaten Wohnbereich wurde zusätzlich die Altersklasse der Gebäude berücksichtigt. Damit wurde zwar der Wasserstand individuell pro Gebäude berücksichtigt, vom tatsächlichen Schadenpotenzial des Einzelbauwerks wurde jedoch abstrahiert. Jedes Gebäude wurde als durchschnittliches Gebäude seines Sektors behandelt. Die Parametrisierung erfolgte mesoskalig, die Berechnung mikroskalig. Daraus folgt, dass die Berechnungen für größere Kollektive zu sinnvollen Ergebnissen führen. An einzelnen Bauwerken hingegen sind erhebliche Abweichungen zwischen tatsächlichen und berechneten Schäden möglich.

Um die Unsicherheit der Parametrisierung darzustellen, wurden die in Abb. 6-23 gezeigte untere und obere Schätzung aus der IWK-Studie (IWK 1999) abgeleitet. Dabei wurden soweit möglich nur Werte mit einer Stichprobenbelegung größer 50 verwendet.

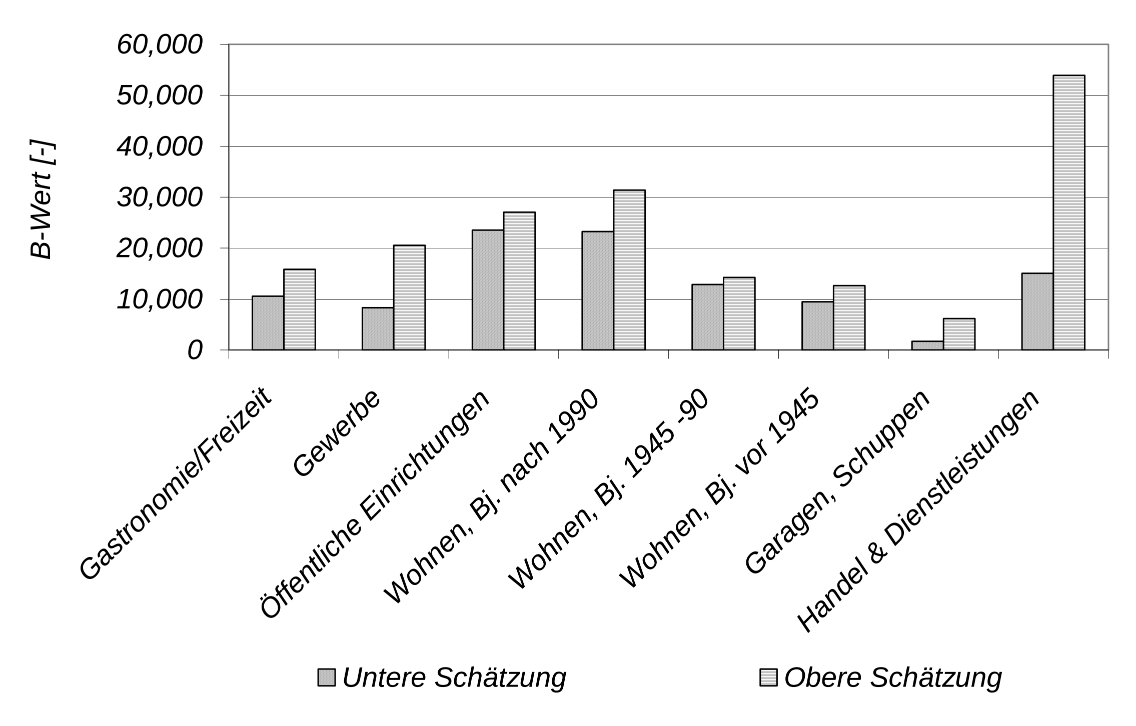


Abb. 6-23: Parameter B der Schadenfunktionen nach Sektoren

Mit den beschriebenen Eingangsdaten wurden Schäden für die 5 in Abb. 6-19 gezeigten Stützstellen berechnet. Aus den berechneten Werten wurden Schäden für das Szenario SLB II interpoliert. Der dem Szenario SLB II zuzuordnende Schaden nach Nutzungen ist für die untere und obere Schätzung in Abb. 6-24 dargestellt. Die Abb. 6-25 zeigt den Zusammenhang der Schäden mit den Fließtiefen am Bezugspunkt. Dem Szenario SLB II ist damit ein Schaden von 5,4 Mio. € nach der unteren und 9,7 Mio. € nach der oberen Schätzung zuzuordnen. Das Szenario SLB I führt zu Schäden zwischen 1,5 und 2,3 Mio. €.

In einem letzten Schritt kann nun die Hilfsgröße „Fließtiefe am Bezugspunkt“ durch das in Abb. 6-19 gezeigte Volumen im Untersuchungsgebiet substituiert werden. Dies führt zu dem in Abb. 6-26 gezeigten Zusammenhang zwischen Schaden und Wasservolumen im Untersuchungsgebiet.

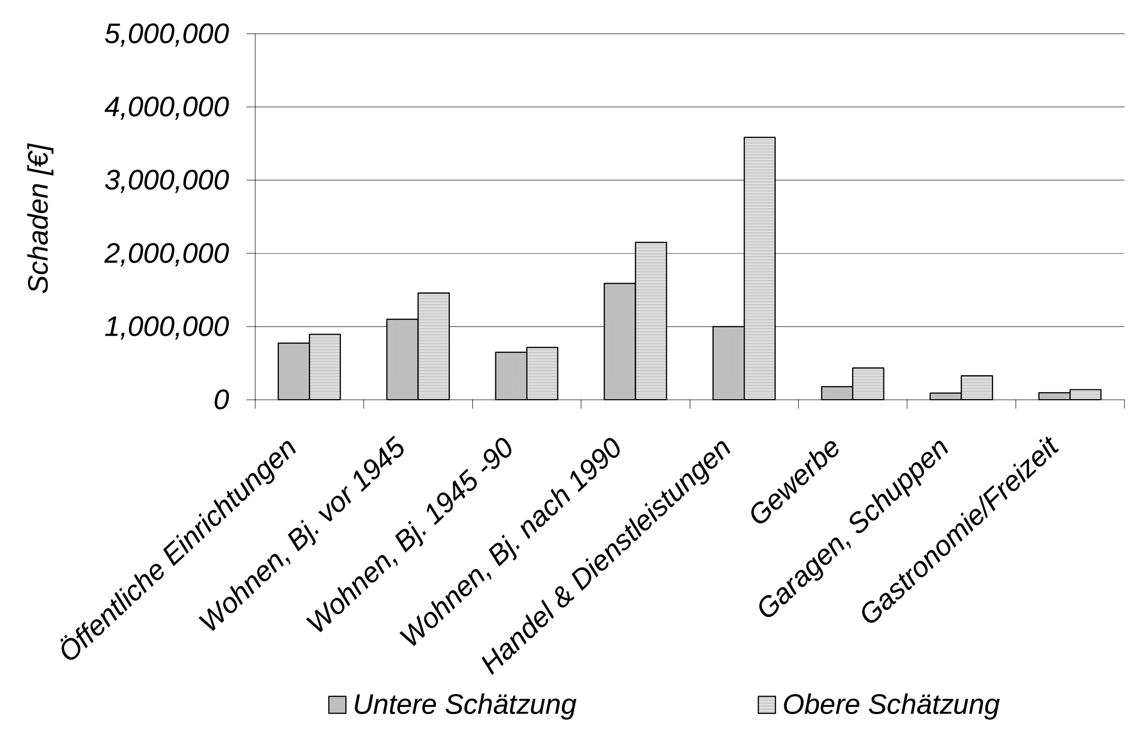


Abb. 6-24: Schäden für das Szenario SLB II nach Sektoren (interpolierte Werte)

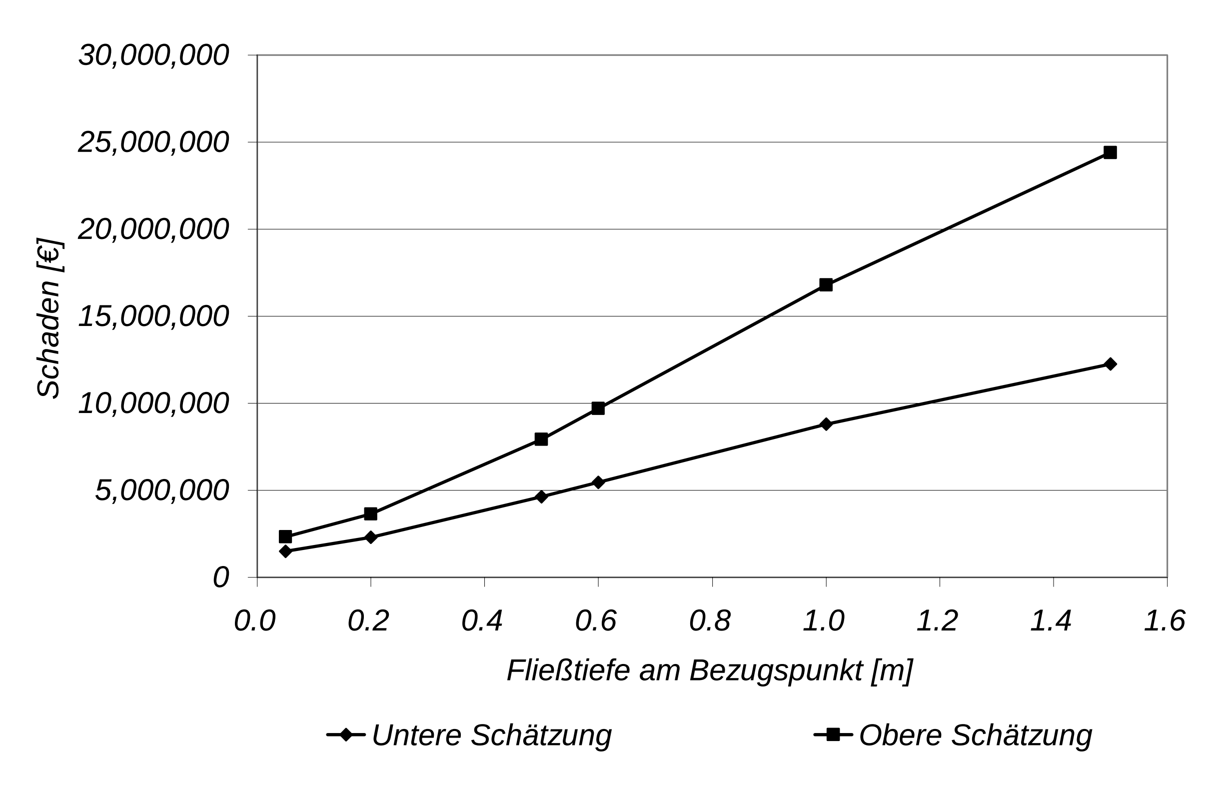


Abb. 6-25: Gesamtschaden für die berechneten Fließtiefen am Bezugspunkt.

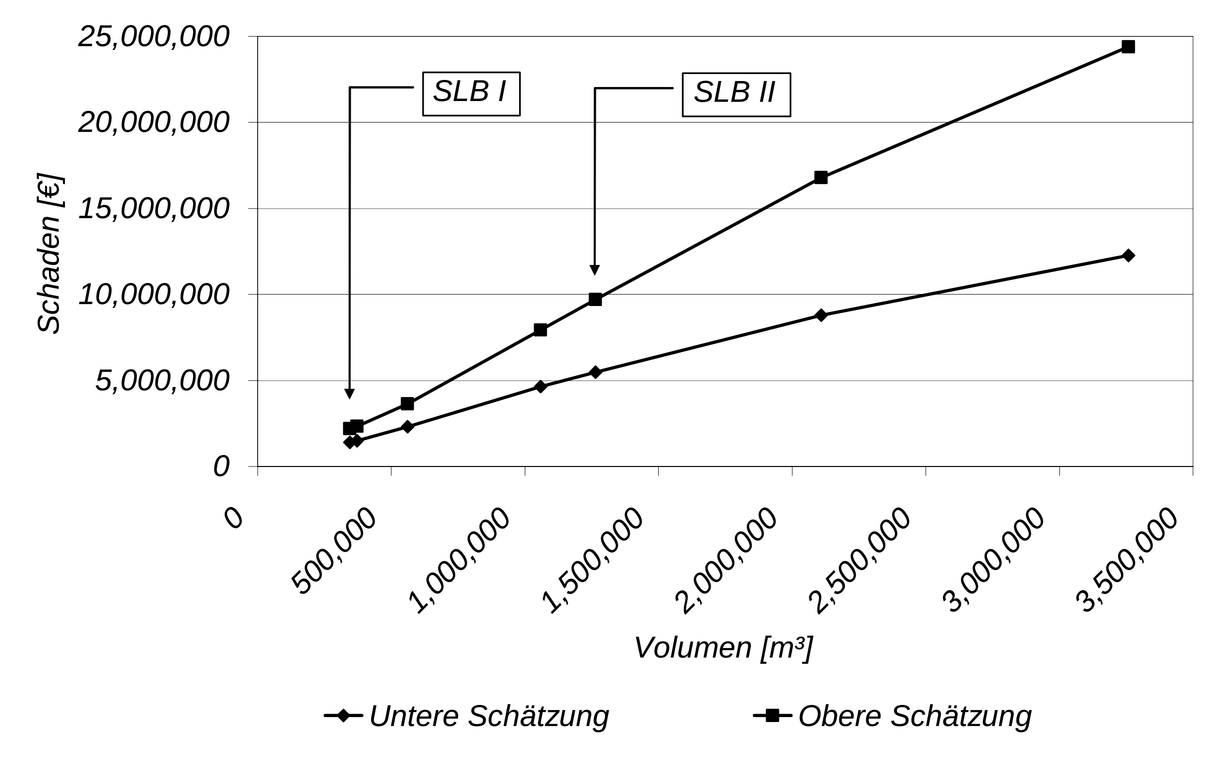


Abb. 6-26: Zusammenhang zwischen Schaden und Wasservolumen im Untersuchungsgebiet

6.6 Fazit

Die Arbeit stellt an drei Fallbeispielen den derzeitigen Stand der Schadenberechnung in Deutschland dar. Neben dem weiter verbreiteten flächenorientierten oder mesoskaligen Verfahren wird auch das gebäudeorientierte oder mikroskalige Verfahren vorgestellt.

Statt der aufwändigen ein- oder zweidimensionalen numerischen Modellierung zur Ermittlung von Fließtiefen werden zwei innovative Ersatzverfahren dargestellt, die einerseits Kosten und Aufwand für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten drastisch reduzieren und andererseits dem Kenntnisstand der Schadenberechnung vollauf gerecht werden.

Häufig wird formuliert, dass der Hochwasserschaden neben der Fließtiefe auch von der Fließgeschwindigkeit und Dauer des Ereignisses abhängt. Dies ist richtig. Jedoch steht der für die Ermittlung von Fließgeschwindigkeiten erforderliche Aufwand in keinem Verhältnis zu dem Nutzen, den er in der Schadenberechnung bringt. Der Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf die Höhe des Schadens ist im Flachland weitestgehend unbekannt bzw. vernachlässigbar gering.

Die nicht zu vernachlässigende Unsicherheit der Schadenberechnung wird durch einen pragmatischen Ansatz in der Ergebnisdarstellung berücksichtigt. Während üblicher Weise Unsicherheitsbänder durch stochastische Verfahren wie z.B. Monte-Carlo-Analysen ermittelt werden, wird im vorliegenden Bericht die Unsicherheit durch unterschiedliche Wahl von Einheitswerten bzw. Schadenfunktionen abgebildet. Dieses Vorgehen ist wesentlich weniger aufwändig und Entscheidern deutlich einfacher nachvollziehbar darzustellen.

Die Ergebnisse der Schadenberechnung sollen zur Bewertung der Nutzung von Flutpoldern als Hochwasserschutzmaßnahmen oberstrom der Fallbeispiele herangezogen werden. Dabei war der Tatsache Rechnung zu tragen, dass eine ganze Reihe von Maßnahmen denkbar ist, die zu ganz unterschiedlichen Wasserspiegelsenkungen im Bereich der untersuchten Städte führen. Daher wurden in allen Fällen Berechnungen für einen weiten Bereich von Ereignissen durchgeführt, denen Ergebnisse für unterschiedliche Maßnahmen durch Interpolation entnommen werden können. Die so erreichte Ereignisunabhängigkeit ermöglicht einen flexiblen Umgang mit den Ergebnissen der Schadenberechnung und stellt eine Innovation im Bereich der Hochwasserschadenberechnung dar, die üblicherweise für ein oder zwei Bemessungsereignisse oder einen Zustand mit und ohne Maßnahme erfolgt.

Die Schäden werden nicht nur in Bezug zu einem Pegel, sondern darüber hinaus auch in Bezug zum im Untersuchungsgebiet befindlichen Wasservolumen gesetzt. Damit wird ein weiterer Freiheitsgrad in der Ergebnisinterpretation erreicht, der erlaubt, das Volumen der Flutpolder mit den die drei untersuchten Städte schädigenden Wasservolumina in Beziehung zu setzen. Auch der zeitliche Verlauf der Schadenentwicklung wird so angebbar. Der Nachnutzbarkeit der Berechnungsergebnisse wird so in innovativer Weise Rechnung getragen.

7 Ökonomische Betrachtung

7.1 Kostenbilanzierung Bauvarianten und Sprengung

H. Ellmann, W. Sauer

In der Nutzen-Kosten-Analyse müssen neben den auf den Polderflächen entstehenden Schäden auch die Kosten für den Bau und Unterhalt von benötigten Flutungsbauwerken bzw. Kosten für Deichsprengung und –rekonstruktion einbezogen werden.

In diesem Kapitel werden die anzunehmenden Kosten für Flutungsbauwerke bzw. Deichbauvarianten kalkuliert. Darüber hinaus wird für beide Untersuchungsgebiete ein Kostenvergleich zwischen Flutungsbauwerken und Deichsprengung vorgenommen.

7.1.1 Untere Havelniederung

Annahmen

Als erforderliche Durchflüsse für eine erfolgreiche Flutung der Polder werden vom Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt die in Tab. 7-1 aufgelisteten Werte angegeben.

Tab. 7-1: Maximale Speichervolumen und Durchflüsse

Polder	V [Mio. m³]	(V nachTab. 3-8)	Q [m³/s]
Havelberg	20,5	(17,8)	126,5
Kümmernitz	2,8	(2,8)	17,3
Vehlgast /Flöthgraben	14,3 / 10,2	(12,4 / 11,5)	150,6
Twerl/Schafhorst	30,5	(32,4)	188,3
Warnau	6,4	(9,1)	39,5
Große Grabenniederung	24,8	(25,8)	153,1

Den oben angegebenen Durchflüssen liegt eine Wasserstandsauffüllzeit in den Poldern von 45 Stunden zugrunde. Die bisherigen Untersuchungen und auch der Ablauf der Deichöffnungen 2002 zeigen, dass eine enge zeitliche Begrenzung der Flutung nicht unbedingt erforderlich ist.

Nur der Polder Havelberg verfügt über Bauwerke, die zur Flutung geeignet sind. Auf der Grundlage der Erfahrungen des Hochwassers 2002 wird die Durchflusskapazität durch das Deichsiel bei Havelberg (Schützenwehr) und die Freischleusen in den Schöpfwerken Havelberg und Jederitz als ausreichend eingeschätzt. Zerstörungen an den Bauwerken oder in deren Umgebung wurden nicht festgestellt, so dass keine nennenswerte finanzielle Aufwendung für eine aus der Flutung resultierende Schadenbeseitigung erforderlich war.

Im Polder Havelberg stehen 3 Flutungsbauwerke mit insgesamt 14 m Öffnungsweite zur Verfügung. Auf der Grundlage der Erfahrung aus dem Jahr 2002 und entsprechend der aufzunehmenden Wassermengen sollten demnach weitere Bauwerke angepasst dimensioniert werden.

Auf den Karten 7.1 und 7.2 sind ein Schnitt und der Grundriss eines möglichen Bauwerks dargestellt, das für den Polder 3 (Vehlgast/Flöthgraben) die notwendigen Maße besitzen könnte. Auf der Grundlage dieser Abbildung ist eine Kostenschätzung erarbeitet worden, die alle statischen, konstruktiven und steuerungsrelevanten Details berücksichtigt. Die Einzelpreise wurden auf der Grundlage der durchschnittlich erzielten Kalkulationsergebnisse aus vergleichbaren Angeboten ermittelt und verwendet. Bei variierenden Kostenfaktoren (z. B. Entfernung zur verfügbaren Elektroversorgung oder der Differenz zwischen Fachbaumhöhe und Stauziel) wurde versucht, mittlere Verhältnisse anzusetzen.

Die Ausbildung erfolgt in Stahlbetonbauweise. Als Verschluss wird eine Klappe vorgesehen und finanziell kalkuliert. Bei einem Schützenwehr würden sich die Kosten um ca. 40.000 – 45.000 € reduzieren.

Schwierig einzuschätzen sind die Kosten für die Herstellung von Deichöffnungen mittels Sprengung. Nach Angaben des Landesumweltamtes Brandenburg ist mit einem Gesamtpreis von ca. 25.000,00€ je Sprengung zu rechnen, wobei dies eine Schätzung auf der Grundlage von Erfahrungen aus dem Jahr 2002 darstellt. Eine konkrete Kostenzusammenstellung erfolgte nach dem Hochwasserereignis jedoch nicht.

Wegen fehlender vergleichbarer Kostenaufstellungen von anderen Ereignissen oder Maßnahmen wird der oben bezifferte Schätzpreis für alle Polder (einschließlich der Neuzeller Niederung) verwendet.

Kostenarten und deren Bestimmung (Beispiel Polder Vehlgast):

Deichunterhaltung:		0,25 €/m²
(Mähen + Schleppen, Bisambekämpfung)		
Investitionen:		
Neubau Flutungsbauwerk	Bauwerk nach Karte 4.13a/b	620.000 €
Deichsprengung	Schätzpreis 2002[30]	25.000 €
Deichwiederherstellung:	Wiederherstellungskosten 2002[31][32]	280.000 €
Betriebskosten/a:		1.500 €
(Bedienungskosten, Unterhaltung Bauwerk und Maschinen, Versicherung)		
Instandhaltungskosten/a:	E - Anlage:	1.000 €
	Sicherungsanlage:	500 €
	Bauwerk:	1000 €
Stromkosten/a:		0,25 €/kwh
Abschreibungen:	bauliche Anlagen:	80 Jahre
	Maschinentechnische Anlagen:	30 Jahre

Kostenberechnung

Tab. 7-2: Kostenschätzung Bauwerk versus Deichschlitzung am Beispiel des Polders Vehlgast

Nr.	Kostenart	Dimension	Kostenfaktor	Kosten Bauwerk	Kosten Schlitzung
1.	Deichunterhaltung	2.200 m²	0,25 €/m²		550 €
2.	Investitionen	1 Stück		620.000 €	280.000 €
3.	Deichsprengung	1 Stück			25.000 €
4.	Betriebskosten	pauschal		1.500 €	
5.	Instandhaltungskosten	pauschal		2.500 €	
6.	Stromkosten	1500 kwh	0,25 €/kWh	375 €	
7.	Abschreibungen	Bauwerk		6.375 €/a	
		Maschinen		3.666 €/a	
	Summe in 90 Jahren			1.917.440 €	354.500 €

[30] Mündliche Mitteilung Herr Schwenke (LUA Brandenburg) 11/2003

[31] Angabe LHW Sachsen-Anhalt

[32] Nach schriftlicher Mitteilung von Herrn Marx (LUA Brandenburg) vom 03/2004 ergaben sich für die brandenburgischen Polder folgende Kosten für die Deichlückenschließung (Planung/Vermessung, Bau, Bauüberwachung): Schafhorst 77.000 €, Flöthgraben 131.000 €, Twerl 181.000 €.

Durch das Landesumweltamt Brandenburg wurde für den Pegel Wittenberge basierend auf den Abflusswerten des Zeitraumes 1900 bis 2002 eine Hochwasserstatistik durchgeführt. Anhand der ermittelten Verteilungsfunktion wurde errechnet, dass ca. aller 90 Jahre eine Hochwassersituation auftritt, bei welcher ein Einsatz der Havelniederung zur Kappung des Elbhochwasserscheitels erwogen werden sollte (entspricht Wasserstand von 745 cm a. P. Wittenberge).

Unter der Vorraussetzung, dass die Flutung eines Havelpolders in einem Wiederkehrintervall von 90 Jahren durchgeführt werden muss, ist der finanzielle Aufwand bei der Errichtung eines Flutungsbauwerkes erheblich höher einzuschätzen als bei einer Schlitzung. Dies gilt für alle Flutungspolder, auch wenn die Bauwerke in einigen Poldern geringer dimensioniert werden können. Allein der Unterhaltungs-, Instandhaltungs- und Betriebsaufwand übersteigt in den Perioden zwischen den Flutungen die Kosten, die bei einer Deichschlitzung entstehen.

Auf eine Berechnung der Kostenentwicklung bei einem Flutungsintervall von 180 Jahren wird verzichtet, da die Kosten weiter auseinander laufen und kein anderes Ergebnis erzielt wird.

Verbale Abwägung

Neben den Kosten können auch andere Aspekte über die Flutungsmethode entscheiden.

Als wesentlicher Fakt muss beispielsweise die Möglichkeit der Flutungs- und Entleerungssteuerung der Polder genannt werden. Bei einer Schlitzung ist nach Öffnung des Deiches keine direkte Beeinflussung der Füllung und Entleerung durchführbar. Auch eine Unterbrechung des Durchflusses bei unvorhergesehenen Ereignissen ist unmöglich.

Dies kann u. U. in Poldern mit Wohnbebauung (Vehlgast, Warnau) zu nicht kalkulierten Schäden führen.

Ein anderer Vorteil von Flutungsbauwerken ist die Gewährleistung einer „Ökologischen Flutung“ zur Minimierung von Schäden am faunistischen und floristischen Arteninventar bzw. zur ökologischen Aufwertung der Poldergebiete, die zum Teil zum Feuchtgebiet internationaler Bedeutung gehören. Mit Hilfe von Flutungsbauwerken wäre dann die gezielte Vernässung der bereits vorhandenen Rinnen und sehr grundwassernahen Standorte möglich. Dies wiederum würde eine erhebliche Steigerung der naturschutzfachlichen Potenziale und Vervielfachung von naturraumtypischen Habitatsstrukturen bedeuten.

7.1.2 Neuzeller Niederung

Kostenschätzung für das Hochwasserszenario HSZ-O 1

Zum Vergleich der für die untersuchten Flutungsoptionen und Deichvarianten entstehenden Investitionskosten und als Grundlage für eine Nutzen-Kosten-Analyse wird eine Kostenschätzung auf der Basis der von PGS (2004) ermittelten Zahlen durchgeführt.

Tab. 7-3 zeigt eine Übersicht über die zu erwartenden Kosten. Während die Kosten der Deichtrassen und der Ein- und Auslaufschwellen auf der Grundlage von Mengenermittlungen und unter Berücksichtigung aller Zusatz- und Nebenkosten (Neubau Entwässerungsgräben, Wegebau, Einbau von Sielen u. a.) ermittelt wurden, sind für die zu errichtenden Wehre auf die Wehrlänge bezogene übliche Kostenannahmen angesetzt. Zur genaueren Kostenabschätzung der Wehre sind hauptsächlich Aussagen über den Baugrund sowie die Bedienart (vollelektronisch, Handbetrieb) kostenentscheidend, während der Einfluss der Verschlüsse, der Größe des Tosbeckens sowie der Höhe (soweit nicht gravierend von üblichen Verschlusshöhen im m-Bereich abgewichen wird) relativ gleich bleibend ist.

Tab. 7-3: Kostenschätzung der Deichrückverlegung in der Neuzeller Niederung und der Flutungsbauwerke für verschiedene Varianten (Brutto-Kosten in €)

Bauwerk	**Bemerkung**	**FOP-O 2 (gesteuert)**		**FOP-O 1 (ungesteuert)**	
		DV 1	**DV 2**	**DV 1**	**DV 2**
Wehr	40 m	2.000.000	2.000.000	-	-
Einlaufschwelle	450 m	-	-	1.463.700	1.463.700
Auslaufschwelle	200 m	-	-	857.600	857.600
Deichrückverlegung Auslauf	1235 m			3.595.000	
Entleerungswehr	5 m				522.000
Entleerungswehr	10 m			870.000	
Siel Hauptgraben		92.800	-	92.800	-
Deichtrasse Süd	1914 m	3.147.700	3.147.700	3.147.700	3.147.700
Deichtrasse Bahn	5576/6511 m	9.405.500	11.003.600	9.405.500	11.003.600
Deichtrasse Querung	1860/2097 m	11.304.800	14.322.100	11.304.800	14.322.100
Gesamt		**25.950.800**	**30.473.400**	**30.737.100**	**31.316.700**

Die Kosten für die Deichvariante 2 wurden aus einer Variante von PGS (2004) abgeleitet, die dieser hinsichtlich der Deichlängen und –höhen sehr nahe kommt. Für eine Auslaufschwelle am Oder-Spree-Kanal wurden die Kosten für die Schwelle am Oder-km 550 übernommen.

Aus Tab. 7-3 ist ersichtlich, dass die Gesamtkosten zum überwiegenden Teil von der Länge der Deichlinie bestimmt werden. So müssten für die größere Retentionsfläche der Deichvariante 2 auch Mehrkosten von ca. 4,6 Mill. Euro infolge der längeren Deichlinie eingeplant werden. Der Kostenvergleich zwischen beiden Flutungsoptionen FOP-O1 und FOP-O 2 zeigt nur geringe Unterschiede, wenn man von der aus hydraulischen Gründen vorgesehenen Deichrückverlegung an der Engstelle zwischen dem Oder-km 550,0 und 551,0 absieht. Diese Maßnahme wurde von PGS (2004) der Auslaufschwelle am Oder-km 550 zugeordnet, kann aber auch unabhängig von den Flutungsvarianten diskutiert werden. Der dann verbleibende geringe Kostennachteil der ungesteuerten Flutung wird im Wesentlichen durch die zusätzlichen Entleerungsbauwerke verursacht, die aber gegenüber der gesteuerten Flutung eine schnellere (Teil-)Entleerung der Niederung ermöglichen.

Kostenschätzung für „Ökologische Flutungen“ (HSZ-O 2 bis HSZ-O 4)

Für die im Kapitel 3.3.3.3 diskutierten Szenarios „Ökologischer Flutungen“ wird zusätzlich zu den in Tab. 7-3 enthaltenen Bauwerken ein Einlasswehr von ca. 10 m Breite am oberen Niederungsteil benötigt. Die Kosten für dieses Bauwerk werden nach PGS (2004) mit brutto 870. 000 Euro geschätzt.

Ein Auslasswehr (Entleerungswehr) ist in der Kalkulation für die ungesteuerte Flutung (FOP-O 1) bereits enthalten. Für die gesteuerte Flutung (FOP-O 2) mit der Deichvariante 1 wird davon ausgegangen, dass keine oder nur geringe zusätzliche Kosten für ein Auslaufbauwerk entstehen, wenn das Flutungswehr geeignet ausgebildet wird (beispielsweise ein Wehr mit 4 Kammern, von denen eine Kammer eine entsprechend abgesenkte Wehrkrone besitzt). Zusätzliche Kosten für die Anlage neuer bzw. für die Vertiefung vorhandener Gräben sind stark abhängig vom gewählten Flutungsregime und der angestrebten Überstaufläche und können in dieser Phase nur schwer beziffert werden.

Zur Betrachtung der Deichöffnung mittels Schlitzung werden für die Neuzeller Niederung wegen fehlender vergleichbarer Kostenaufstellungen von anderen Ereignissen oder Maßnahmen die für die Havelpolder verwendeten Schätzpreise zu Deichunterhaltung, -sprengung und -wiederherstellung angenommen (siehe Kapitel 7.1.1).

7.2 Nutzen-Kosten-Analyse

M. Gocht

7.2.1 Einführung

7.2.1.1 Nutzen-Kosten-Analyse als Entscheidungsunterstützung

Die Nutzen-Kosten-Analyse als ein Zweig der Wohlfahrtsökonomie ist ein Werkzeug, mit dem die für die Gesellschaft beste Verwendung knapper Mittel bestimmt werden soll. Die Schlüsselfrage ist die nach den Opportunitätskosten, dem Differenzbetrag oder -nutzen, der zwischen der beschlossenen und der nächst ertragreicheren Mittelverwendung liegt (SWANEY 1997): Wenn zwei Hochwasserschutzprojekte gleiche Investitionssummen (Kosten) aber unterschiedliche Erträge (Nutzen) haben, entstehen Opportunitätskosten in dem Fall, in welchem die Alternative mit dem geringeren Nutzen realisiert wird. Das Ziel von Nutzen-Kosten-Analysen ist die Minimierung von Opportunitätskosten, damit ist sie eigentlich ein Werkzeug für den Projekt- oder Variantenvergleich.

Verwendet man Nutzen-Kosten-Analysen für die Bewertung nur eines Projektes, gewinnt die Nutzen-Kosten-Relation zentrale Bedeutung: Der langjährige Nutzen aus verhinderten Schäden geteilt durch die Kosten für Investition in den Hochwasserschutz und seinen Unterhalt ergibt eine Maßzahl, die so genannte Nutzen-Kosten-Relation. Ist diese größer als 1, überwiegt der Nutzen die Kosten. Das Projekt ist in erster Näherung ökonomisch sinnvoll. Ist die Nutzen-Kosten-Relation kleiner 1, scheint ein ökonomischer Nutzen nicht gegeben.

Die Nutzen-Kostenanalyse fasst die monetarisierten (in Geldeinheiten ausgedrückten) Ergebnisse der Teilprojekte zusammen und aggregiert sie zu einer Nutzen-Kosten-Relation. Sie stellt die ökonomische Perspektive des Projektes dar. Da nicht alle Nutzen- und Kostenpositionen, die für das Projekt Relevanz haben, monetarisiert wurden, ist die Nutzen-Kosten-Analyse als alleiniges Beurteilungskriterium nicht geeignet. Sie stellt eine unvollständige ökonomische Sichtweise des Projektes dar. Eine zusammenfassende Bewertung sollte auf ein multi-kriterielles Entscheidungsunterstützungsverfahren aufbauen, das alle im Projekt untersuchten Sichtweisen berücksichtigt. Ein solches wird am Ende des Berichtes vorgeschlagen.

Ein multi-kriterielles Entscheidungsverfahren bezieht auch außerökonomische Effekte mit ein, die nicht oder nur schwer zu monetarisieren sind. Werden solche in einigem Umfang festgestellt, kann dies dazu führen, dass die Nutzen-Kosten-Analyse nicht zwingend positiv sein muss, um das Projekt volkswirtschaftlich sinnvoll erscheinen zu lassen (LAWA 1981). Die Ertragserwartung des Kostenträgers in Zusammenhang mit Überlegungen zur Daseinsvorsorge und Landesentwicklung, also letztendlich politische Erwägungen, entscheiden über die Maßnahmenumsetzung.

Der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Nutzen-Kosten-Analyse liegen die Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (LAWA 1998) zu Grunde. Die Untersuchung wurde für eine Nutzungsdauer der Hochwasserschutzmaßnahmen von 90 Jahren bei Verwendung eines Kalkulationszinssatzes von 3 % durchgeführt. Sensitivitätsuntersuchungen wurden für die Nutzungsdauern 80 und 100 Jahre, sowie die Zinssätze 2 und 5 % durchgeführt. Für die Oder wurde zusätzlich ein Szenario mit maximiertem Nutzen betrachtet.

7.2.1.2 Kostenarten

Bei der Durchführung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen ist zwischen einmalig und mehrmalig auftretenden Kosten zu unterscheiden. Einmalig treten Investitionskosten am Anfang des Untersuchungszeitraums auf. Diese werden unverändert in die Risikoanalyse eingestellt, wenn wie in der vorliegenden Studie nicht von einer mehrjährigen Investitionsphase ausgegangen wird, bzw. die Nutzungsdauer der Maßnahme gegen die Investitionsphase lang ist.

Mehrmalig auftretende Kosten sind beispielsweise Reinvestitionen. Solche werden in der vorliegenden Studie für die regelbaren Wehre fällig, da für den dabei Verwendung findenden Stahlwasserbau nach LAWA (1998) eine Nutzungsdauer von 35 Jahren angenommen wird. Solche Kosten sind zu diskontieren. Dies bedeutet, dass zu verschiedenen Zeitpunkten während der Nutzungsdauer anfallende Kosten auf den Projektbeginn bezogen (diskontiert) werden. Solche diskontierten Kosten werden Barwerte genannt.

Der zu Grunde liegende Sachverhalt kann vereinfacht folgender Maßen erklärt werden: Die Investition in den Stahlwasserbau eines regelbaren Wehres möge € 10 000 betragen und nach 35 Jahren wieder fällig werden. Während für die Erstinvestition die vollen € 10 000 einzustellen sind, ist für die Reinvestition nur der Betrag einzustellen, der bei einer Verzinsung mit dem angenommenen Kalkulationszinssatz nach 35 Jahren auf € 10 000 angewachsen ist. Im vorliegenden Beispiel sind dies bei einem Zinssatz von 3 % € 3 554. Der hierfür zu verwendende Diskontierungsfaktor DFAKE berechnet sich nach der Formel:

$$DFAKE = \frac{1}{(1+i)^n} \qquad \text{Gl. 7-1}$$

mit i = Kalkulationszinssatz und n = Nutzungsdauer.

Als dritte Kostenart sind jährlich auftretende Kosten wie solche für Unterhalt und Betrieb zu nennen. Solche gleichförmigen Kostenreihen sind mit einem Diskontierungsfaktor DFAKR zu diskontieren. Dies erfolgt am einfachsten unter Verwendung der Formel

$$DFAKR = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \qquad \text{Gl. 7-2}$$

Als vierte Kostenart sind ereignisabhängige Kosten zu nennen. Diese treten nur bei Nutzung des Flutpolders auf. Hierunter fallen die Entschädigungskosten der Landwirtschaft und Schäden an Straßen und Wegen. Auch Kosten für die Sprengung des Deiches zur Flutung des Polders und die anschließende Rekonstruktion des Deiches sind ereignisabhängig. Solche Kosten werden zunächst mit der Eintrittswahrscheinlichkeit gewichtet. Der so erhaltene Erwartungswert gibt die durchschnittlichen jährlich erwarteten Kosten wieder. Der Erwartungswert ist als gleichförmige Kostenreihe aufzufassen und über die Nutzungsdauer der Hochwasserschutzeinrichtung mit dem Diskontierungsfaktor DFAKR zu diskontieren.

Die in der Nutzen-Kosten-Analyse berücksichtigten Kosten wurden aus den Ergebnissen der Projektpartner abgeleitet. Die Investitions- und Reinvestitionskosten wurden unverändert übernommen. Um Sensitivitätsuntersuchungen durchzuführen, wurden für die anderen Kostenarten untere und obere Werte sowie das Mittel aus unterem und oberem Wert abgeleitet. Für Entschädigung und Neueinrichtung von Gärten wurde ein Auf- bzw. Abschlag von 20 % vorgenommen. Ebenso wurde bei Gebäudeschäden verfahren. Schäden an Straßen und Wegen wurden als Reparatur (unterer Wert) und Rekonstruktion (oberer Wert) berechnet. Schäden der Landwirtschaft wurden für einen Flutungszeitpunkt vor Vegetationsbeginn (Mitte April, unterer Wert) und vor der Ernte (Mitte Juli, oberer Wert) berechnet.

Der Nutzen der Hochwassereinrichtung - der verhinderte Schaden – ist ebenfalls ereignisabhängig. Er wird wie die ereignisabhängigen Kosten behandelt. Hier fand die obere und untere Schätzung aus der Schadenberechnung sowie das aus den Grenzen berechnete Mittel Verwendung.

7.2.1.3 Berücksichtigung von Kosten

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Überlegung, welche Kosten in die Nutzen-Kosten-Analyse einzustellen sind, und welche nicht. Kompensationseffekte können beispielsweise dafür sorgen, dass im Untersuchungsgebiet verloren gegangene Wertschöpfung an anderer Stelle zusätzlich erwirtschaftet werden kann. Transferleistungen wie z.B. Subventionen sind ebenfalls nicht zu berücksichtigen, da es sich hier um an anderer Stelle erwirtschaftete (oder geliehene) Mittel handelt, die daher durch das Hochwasserereignis auch nicht verloren gehen. Bei den Betrachtungen zur Landwirtschaftlichen Nutzung wurden Subventionen ausgeklammert.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, ob Kosten tatsächlich der untersuchten Maßnahme zuzurechnen sind, oder ob sie auch ohne die Maßnahme anfallen würden. Am Beispiel der Havelpolder lässt sich zeigen, dass auch in den Bereichen, in denen der Deich zu Flutungszwecken gesprengt und rekonstruiert wird, Unterhaltungsmaßnahmen wie das Mähen des Deiches nicht der Hochwasserschutzmaßnahme zuzurechnen sind, da sie auch ohne den Einsatz als Flutpolder anfallen würden.

So genannte Sunk Costs, Kosten aus Investitionen in der Vergangenheit, sind ebenfalls in Nutzen-Kosten-Analysen nicht zu berücksichtigen, da eine in der Vergangenheit liegende Investitionsentscheidung durch eine zukünftige nicht verändert werden kann (BREALEY and MYERS 2000). Bereits existierende Flutungsbauwerke in den Havelpoldern können beispielsweise nicht als Argument zur Investition in weitere Flutungsbauwerke verwendet werden.

7.2.1.4 Der Nutzen von Polderflutungen

Eine Problematik von Flutpoldern, deren Behandlung noch genauerer Untersuchung bedarf, ist ihre potentiell schadenverhindernde Wirkung. Während andere Hochwasserschutzeinrichtungen wie Deiche oder Rückhaltebecken Schäden in den durch sie geschützten Bereichen reell verhindern, senken Flutpolder den Wasserstand an deichgeschützten Standorten. Sie verringern damit die Versagenswahrscheinlichkeit anderer Hochwasserschutzeinrichtungen.

In der vorliegenden Studie wurde mit diesem Sachverhalt pragmatisch umgegangen. Es wurde in erster Näherung angenommen, dass ohne den Einsatz des Flutpolders der Hochwasserschutz der Unterlieger versagt hätte und der für den nicht abgesenkten Scheitel berechnete Schaden eingetreten wäre. Eine ausführliche Beschreibung befindet sich in Kapitel 6.

Da in der vorliegenden Studie für beide Untersuchungsgebiet jeweils ein Referenzereignis, für die Oder das Ereignis von 1997 mit einer ungefähren Jährlichkeit T = 100 Jahre und für die Elbe das Ereignis von 2002 mit einer Jährlichkeit von T = 180 Jahren, betrachtet wird, fällt der berechnete jährliche Nutzen geringer aus als er tatsächlich wäre. Denn die Flutpolder würden nicht nur für das Referenzereignis eingesetzt, sondern für alle Ereignisse, bei denen ein Nutzen für die Unterlieger zu erwarten wäre. Die Berechnung wäre für die untere und obere Grenze dieser Ereignisse, sowie geeignete Stützstellen dazwischen durchzuführen, um den Nutzen aus der gesamten Ereignisdichte zu ermitteln.

7.2.2 Nutzung der Havelpolder als Flutpolder

7.2.2.1 Kostenarten in den Havelpoldern

Die Nutzung der Havelpolder als Flutpolder ist in der finanzmathematischen Behandlung vergleichsweise einfach. Da eine Untersuchung über die Vorteilhaftigkeit von Sprengungen gegenüber Flutungsbauwerken bereits in Kapitel 7.1 gezeigt wurde, waren für die Havelpolder ausschließlich ereignisabhängige Kosten zu berücksichtigen. Investitionen sind für eine Nutzung als Flutpolder nicht erforderlich, da bereits funktionstüchtige Deiche vorhanden sind, und Unterhaltskosten fallen auch ohne die Nutzung als Flutpolder an. Die Nutzung als Flutpolder wurde damit als zusätzliche Option zu einer bereits existierenden Nutzung als Hochwasserschutzmaßnahme behandelt.

Die ereignisabhängigen Kosten setzten sich aus Schäden an Bauwerken, an Straßen und Wegen, an landwirtschaftlichen Nutzflächen, am Fischbestand, sowie Kosten für Sprengung und Rekonstruktion von Deichen zusammen.

7.2.2.2 Nutzen: verhinderte Schäden in Wittenberge

Für die Havelpolder wurde angenommen, dass der Nutzen der Scheitelabsenkung sich auf Wittenberge konzentriert. Für zwei Ereignisse wurde eine Überströmung der Hochwasserschutzeinrichtungen am Hafen in Wittenberge angenommen. Das Referenzereignis war das August-Hochwasser 2002 (HSZ-H1). Ein maximiertes Ereignis, das mit den Havelpoldern eben noch beherrschbar gewesen wäre, wurde in Kapitel 3.2.1.2 ebenfalls abgeleitet (HSZ-H2). Die für diese Szenarios berechneten Schäden zeigt Tab. 7-4.

Tab. 7-4: Verhinderte Schäden in Wittenberge für die Szenarios HSZ-H1 und HSZ-H2, Höhenangaben bezogen auf Pegel Havelberg

	Untere Schätzung	Obere Schätzung	Mittel
HSZ-H1: 26.00 müNN	13,42 Mio. €	20,17 Mio. €	16,80 Mio. €
HSZ-H2: 26.40 müNN	24,87 Mio. €	37,10 Mio. €	30,99 Mio. €

7.2.2.3 Nutzen-Kosten-Relationen für die Havelpolder

Die für eine Nutzung der Havelpolder berechneten Nutzen-Kosten-Relationen zeigt Tab. 7-5. Die erste Zeile listet den Barwert der ereignisabhängigen Kosten auf, die zweite Zeile den Barwert des Nutzens. Die letzte Zeile zeigt die Nutzen-Kosten-Relationen (NKR). Nebeneinander sind die minimalen, maximalen und mittleren Werte gegeben. Die minimale NKR ergibt sich durch Kombination der oberen Kostenwerte mit der unteren Schätzung des Nutzens. Die maximale NKR ergibt sich durch Kombination der unteren Kostenwerte mit der oberen Schätzung des Nutzens.

Tab. 7-5: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse, Nutzungsdauer 90 Jahre, Kalkulationszins 3 %.

		Szenario HSZ-H1			Szenario HSZ-H2		
		Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
Barwert ereignisabhängige K.	[Mio. €]	1,55	0,88	1,22	1,99	1,11	1,55
Barwert Nutzen	[Mio. €]	2,31	3,47	2,89	4,28	6,39	5,34
Nutzen-Kosten-Relation	[-]	1,49	3,97	2,37	2,15	5,76	3,44

Die errechneten Nutzen-Kosten-Relationen liegen grundsätzlich oberhalb der Wirtschaftlichkeitsgrenze, die durch eine Nutzen-Kosten-Relation von 1 gegeben ist. Während die Beherrschung des Augusthochwassers 2002 durch die Havelpolder eine mittlere Nutzen-Kosten-Relation von 2,4 erreicht, liegen die mittleren Werte für das extreme Szenario HSZ-H2 bei 3,4. Die Begründung für das sehr gute Ergebnis findet sich in der Kombination von einerseits hohen verhinderten Schäden in Wittenberge und andererseits sehr geringen Kosten für ein außerordentlich großes Rückhaltevolumen in den Havelpoldern von rund 250 Mio. m³.

Wären die Polderdeiche für die Nutzung als Flutpolder unter den gegenwärtigen Bedingungen neu zu errichten, entstünde bei einer Länge der Deiche von ca. 95 km und geschätzten Kosten von 0,9 Mio. € pro neu gebautem Deichkilometer[33] ein zusätzlicher Investitionsbedarf von 85,5 Mio. €. Daneben wäre ein Barwert des Unterhaltsaufwandes in Höhe von 20,3 Mio. € in die Nutzen-Kosten-Analyse einzustellen. Die Nutzen-Kosten-Relation würde dadurch für mittlere Verhältnisse unter sonst gleichen Bedingungen für das Szenario HSZ-H1 auf 0,03 und für das Szenario HSZ-H2 auf 0,05 sinken.

7.2.2.4 „Ökologische Flutungen“

Die häufige Flutung der Havelpolder durch Flutungsbauwerke hat einen deutlichen Effekt auf die Nutzen-Kosten-Relation. Als zusätzlich zu berücksichtigende Kostengröße kommen die jährlichen Einkommensverluste der Landwirtschaft hinzu. Diese betragen bei einer zweijährlichen Flutung in Abhängigkeit der Jahreszeit zwischen 0,67 und 1,36 Mio. € pro Jahr. Bei einer Nutzungsdauer von 90 Jahren und einem Kalkulationszinssatz von 3 % beträgt der Barwert dieser Einkommensverluste im Mittel 32,3 Mio. €.

Außerdem sind Investitionen- Reinvestitionen sowie Betriebs- und Unterhaltskosten für Flutungsbauwerke in die Rechnung einzustellen. Unterstellt man einen Investitionsbedarf von 1,3 Mio. € pro Flutungsbauwerk, so lassen sich die Investitionen auf 7,9 Mio. € abschätzen. Reinvestitionen fallen unter Verwendung der genannten Randbedingungen in Höhe von 720 000 € an. Für Betrieb und Unterhalt errechnet sich ein Barwert von 980 000 €.

Die Berücksichtigung dieses Kostenbarwertes von rund 42 Mio. € senkt die Nutzen-Kosten-Relation für das Szenario HSZ-H1 von 2,37 auf 0,07. Für das Szenario HSZ-H2 sinkt die Nutzen-Kosten-Relation von 3,44 auf 0,12.

Eine Landwirtschaftliche Nutzung in Kombination mit „Ökologischen Flutungen“ erscheint in den Havelpoldern nicht wirtschaftlich. Soll der Nutzen der Polderflutung trotz „Ökologischer Flutungen“ unverändert hoch bleiben, wäre durch die „Ökologische Flutung“ ein Nutzen-Barwert von 42 Mio. € nachzuweisen. Dies entspricht einem jährlich nachzuweisenden Nutzen von rund 1,4 Mio. €. Investitionen zur

[33] Herr Oelze, Landesumweltamt Brandenburg, mündliche Mitteilung

Erzielung dieses Nutzens (z.B. Investitionen in touristische Infrastruktur) erhöhen die angegebenen Werte.

7.2.2.5 Sensitivität

Die Sensitivität des Ergebnisses auf veränderte Randbedingungen wurde durch Variation der der Kalkulationszinssätze sowie der Nutzungsdauer untersucht. Der Einfluss der Randbedingungen ist in Tab. 7-5 bereits gegeben

Da die Nutzung der Havelpolder – ohne Berücksichtigung „Ökologischer Flutungen“ - nur mit ereignisabhängigen Kosten verbunden, der Nutzen ebenfalls ereignisabhängig und auf Kosten- und Nutzenseite mit demselben Zinssatz gerechnet wurde, weist das Ergebnis keine Variabilität bezüglich der verwendeten Zinssätze auf. Derselbe Sachverhalt gilt auch für die Variation der Nutzungsdauer.

7.2.3 Oder: Neuzeller Niederung

7.2.3.1 Kostenarten in der Neuzeller Niederung

Für die Neuzeller Niederung waren alle in Kapitel 7.2.1.2 aufgeführten Kostenarten zu berücksichtigen. Neben den in Kapitel 7.1.2 aufgelisteten Investitionen von 23,8 (Deichvariante 1 (DV1)) bzw. 28,5 Mio. € (Deichvariante 2 (DV2)) waren Investitionen für Überlaufschwellen und Wehre (2,8 bzw. 3,2 Mio. €) sowie Reinvestitionen für die regelbaren Wehre zu berücksichtigen. Aus früheren Studien wurde der Anteil des Stahlwasserbaus an der Investitionssumme mit 19 % abgeleitet. Der Anteil des Stahlwasserbaus entspricht dem Anteil der regelbaren Verschlussorgane an den Investitionen des Wehrbauwerkes.

Kosten von 7,5 (DV1) bzw. 16 Mio. € (DV2) waren als Investitionen für Entschädigung und Neueinrichtung von Gärten zu berücksichtigen.

Für Wehrbreiten zwischen 5 und 40 m wurden die Betriebs- und Unterhaltskosten aus Vergleichswerten des Flutungsbauwerks im Polder Vehlgast abgeleitet. Auch die Unterhaltskosten für die Deiche wurden den für den Polder Vehlgast gegebenen Werten entnommen.

An ereignisabhängigen Kosten waren Entschädigungskosten der Landwirtschaft und Kosten für Reparatur bzw. Rekonstruktion von Straßen und Wegen zu berücksichtigen.

7.2.3.2 Nutzen der Unterlieger in Frankfurt (Oder) und Slubice

In Slubice wurden zunächst Schäden für ein Überströmen des Deiches mit 15 bzw. 20 cm ohne ein vollständiges Versagen des Hochwasserschutzes berechnet.

Für Frankfurt (Oder) bestand diese Möglichkeit nicht. Da die Verwendung des berechneten Schadens für ein hundertjähriges Ereignis ohne Hochwasserschutz zunächst nicht vertretbar schien, wurde eine theoretische Größe abgeleitet: Als Nutzen des Poldereinsatzes wurde die Differenz der für den unveränderten und abgesenkten Scheitel berechneten Schäden verwendet:

$$N = S_1 - S_2 \qquad \text{Gl. 7-3}$$

mit N = Nutzen, S_1: berechneter Schaden für das Ereignis 1997 unter Vernachlässigung des Hochwasserschutzes, S_2: berechneter Schaden für einen um 15 bzw. 20 cm abgesenkten Scheitel unter Vernachlässigung des Hochwasserschutzes.

Damit wurden für die Nutzenseite der Nutzen-Kosten-Analyse die in Tab. 7-6 gezeigten verhinderten Schäden verwendet. Die gezeigten Schäden wurden für die Nutzen-Kosten- Untersuchung mit der Eintrittswahrscheinlichkeit gewichtet und über die Nutzungsdauer diskontiert.

Tab. 7-6: verhinderte Schäden in Frankfurt (Oder) und Slubice

Frankfurt (Oder)	Untere Schätzung	Obere Schätzung	Mittel
Scheitelabsenkung 15 cm:	1,03 Mio. €	1,68 Mio. €	1,35 Mio. €
Scheitelabsenkung 20 cm:	2,02 Mio. €	3,27 Mio. €	2,64 Mio. €
Slubice			
Scheitelabsenkung 15 cm:	3,41 Mio. €	5,90 Mio. €	4,65 Mio. €
Scheitelabsenkung 20 cm:	5,47 Mio. €	9,71 Mio. €	7,59 Mio. €

Im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung wurde ein Szenario mit maximiertem Nutzen diskutiert. Dort wird angenommen, dass die Poldernutzung sowohl einen Deichbruch in Frankfurt (Oder) als auch in Slubice verhindert.

7.2.3.3 Nutzen-Kosten-Relationen

Tab. 7-7 zeigt das Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse für mittlere Kosten- und Nutzenwerte, eine Nutzungsdauer von 90 Jahren und einen Kalkulationszinssatz von 3 %. Im oberen Teil der Tabelle sind die Kosten aufgeführt, darunter folgt der Nutzen sowie abschließend die Nutzen-Kosten-Relationen (NKR).

Vereinfachend wurde unterstellt, dass sich für das Ereignis 1997 (HSZ-O1) durch eine gesteuerte Flutung Scheitelabsenkungen von 15 cm a. P. Frankfurt (Oder) erreichen lassen. Für eine an der Oder häufiger vorkommende kürzere Welle (HSZ-O1 mod) wurden 20 cm berücksichtigt. Angesichts der Genauigkeit der Schadenberechnung ist eine Angabe von Schäden für kleinere Intervalle als 5 cm nicht sinnvoll.

Durch eine ungesteuerte Flutung der Neuzeller Niederung lassen sich nur für HSZ-O1 mod signifikanten Schadenminderungen für die Unterlieger erzielen.

Da die Investitionen der Deichvariante 2 (DV2) die der Deichvariante 1 (DV1) übertreffen, weist DV2 stets die kleineren Nutzen-Kosten-Relationen auf. Die Kosten für Flutungsbauwerke, Deichschwellen oder Sprengung sind gegen die Kosten der Deiche so gering, dass sich ihr Einfluss nur in der dritten und vierten Nachkommastelle der Nutzen-Kosten-Relation zeigen lässt.

Mit den Simulationen des Wasserstandsvorhersagemodells für das 1997er Ereignis bei Flutungszuflüssen >200 m³/s in die Neuzeller Niederung wurde nur eine Wasserspiegelabsenkung a. P. Frankfurt (Oder) im Bereich von 1 bis 2 cm errechnet (vgl. Tab. 3-20). Daher wurde zusätzlich auf die Ergebnisse der LISFLOOD-Simulation zurückgegriffen. Nach DE ROO (2003) beträgt bei einer mengenmäßigen Steuerung der Zuflüsse mit maximal 200 m³/s in die Niederung die Scheitelabsenkung in Frankfurt (Oder) 20 cm. Für diese Variante kann daher eine Nutzen-Kosten-Relation von 0,06 (DV1) bzw. 0,08 (DV2) angesetzt werden.

Das zusätzlich zur Verfügung gestellte Volumen der DV2 von 8 Mio. m³ wirkt sich im Vergleich mit der DV1 eher in einer Verkürzung als in einer weiteren Absenkung des Scheitels aus. Daher wurde mit den gleichen Nutzen wie in DV1 gerechnet.

Tab. 7-7: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse, mittlere Kosten- und Nutzenwerte, Nutzungsdauer 90 Jahre, Kalkulationszins 3 %. Bw: Barwert, NKR: Nutzen-Kosten-Relation.

		Ungesteuert		**Gesteuert**		**Sprengung**	
		DV1	**DV2**	**DV1**	**DV2**	**DV1**	**DV2**
Bw ereignisabhängige K.	[Mio. €]	0,46	0,53	0,46	0,53	0,52	0,59
Investition und Bw Unterhalt	[Mio. €]	40,68	50,29	36,11	49,73	33,68	47,29
Summe Kosten	[Mio. €]	41,14	50,82	36,57	50,25	34,20	47,88
Bw Nutzen 1997, HSZ-O1	[Mio. €]	0,00	0,00	1,86	1,86	1,86	1,86
Bw Nutzen, HSZ-O1 mod	[Mio. €]	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
NKR 1997, HSZ-O1	[-]	0,0000	0,0000	0,0509	0,0370	0,0544	0,0389
NKR HSZ-O1 mod	[-]	0,0771	0,0624	0,0867	0,0631	0,0928	0,0662

Die Flutungsoptionen Ungesteuert, Gesteuert und Sprengung weisen von links nach rechts steigende Nutzen-Kosten-Relationen auf. Die Überlaufschwellen der ungesteuerten Flutung weisen zwar geringere Investitionen als das Wehr der gesteuerten Flutung auf, jedoch benötigt die ungesteuerte Flutung eine zusätzliche Deichrückverlegung von 1,24 km, die den Kostenvorteil der Schwellen überkompensiert. Die größte Nutzen-Kosten-Relation weist die Flutungsoption Sprengung auf. Hier macht sich insbesondere die Ereignisabhängigkeit von Sprengung und Rekonstruktion bemerkbar. Während diese Kosten nur dann auftreten, wenn der Flutpolder tatsächlich genutzt wird, sind für die beiden anderen Flutungsoptionen Investitionen, die gesteuerte Flutung auch Reinvestitionen und Unterhalt erforderlich.

Insgesamt sind die Nutzen-Kosten-Relationen vergleichsweise gering. Für jeden investierten Euro werden langfristig zwischen 4 und 9 Cent wieder gewonnen. Für dieses Ergebnis kann eine Reihe an Argumenten angeführt werden:

Nochmals sei darauf hingewiesen, dass nur ein Ereignis und nicht die gesamte Ereignisdichte, d.h. alle Ereignisse, bei denen der Polder genutzt würde, Eingang in die Untersuchung fand. Würde die gesamte Ereignisdichte untersucht, fielen die Nutzen-Kosten-Relationen günstiger aus, da die Investitionen unverändert blieben und die ereignisabhängigen Kosten gegen den ereignisabhängigen Nutzen gering sind.

Für den Flutungspolder in der Neuzeller Niederung sind je nach Deichvariante 9,3 (DV1) bzw. 10,5 km (DV2) Deiche neu zu errichten. Für die Deichtrasse Süd und Deichtrasse Bahn betragen die spezifischen Investitionskosten rund 1,7 Mio. € pro km und liegen damit in ähnlichen Größenordnungen, wie Deichneubauten in anderen Bundesländern. In Sachsen-Anhalt werden zum Beispiel für den Neubau eines Deich-km etwa 1,7-1,8 Mio. € kalkuliert. Die primär zum Schutz der sich im nordwestlichen und nordöstlichen Teil der Niederung befindlichen Kleingartenanlagen zu errichtende Deichtrasse Querung weist aufgrund äußerst ungünstiger Bodenverhältnisse sogar spezifische Kosten von über 6 Mio. € pro km auf. Dagegen sind die Bauwerkskosten für die Flutungsoptionen mit 2 bis 3 Mio. € vergleichsweise gering. Die Deichsprengung und Rekonstruktion mit Kosten von 0,1 bis 0,3 Mio. € und einem Barwert von 30 000 bis 60 000 € ist im Mittel um den Faktor 55 günstiger als die Errichtung von Überlaufschwellen oder Wehren[34].

Entschädigung und Wiedereinrichtung von derzeit innerhalb des Überflutungsraumes gelegenen Gärten sind ebenfalls erhebliche Kostenfaktoren, die den Investitionsbedarf auf über 40 Mio. € anheben. Eine Entschädigung im Ereignisfall bei Erhalt des Status Quo (d.h. Verbleib der Kleingärten im Überflutungsbereich) würde diesen Kostenfaktor erheblich senken.

Weiter muss angemerkt werden, dass im Rahmen der Studie versucht wird, die Einrichtung eines Flutpolders als Einzelmaßnahme mit der potenziellen Schadenminderung für zwei unterstrom liegende Städte zu begründen. Auch weitere Ortslagen wie Ratzdorf oder Eisenhüttenstadt können von der Wirkung des Polders profitieren.

Zudem würde eine Scheitelkappung in der diskutierten Größenordnung zu einer Entlastung der bestehenden Hochwasserschutzanlagen auf einer langen Strecke unterstrom der Neuzeller Niederung führen. Dies hätte neben einer Minderung des Verteidigungsaufwandes auch eine zeitliche Verschiebung oder Vermeidung von Evakuierungen zur Folge.

Weiterhin ist zu diskutieren, ob die Scheitelabsenkung bei der Deichsanierung berücksichtigt werden kann. Die neuen Deiche wären dann beidseits der Oder auf einer langen Strecke in geringerer Höhe auszuführen, woraus erhebliche Einsparungen resultieren dürften.

Die Wirkung eines einzelnen Polders mit einem Volumen von 49 bis 57 Mio. m³ ist begrenzt. Daher wäre es angemessen, den Polder im Rahmen eines Maßnahmenbündels zu betrachten, für das an der Oder dringender Bedarf besteht. Der Einrichtung eines Polders in der Neuzeller Niederung kommt somit eine bedeutende Signalwirkung für die anderen Oder-Anrainerstaaten zu. Gerade Brandenburg würde stark von äquivalenten Maßnahmen an der mittleren und oberen Oder profitieren.

[34] Der Barwert für Sprengung und Rekonstruktion erhöht sich bei Berücksichtigung der gesamten Ereignisdichte.

7.2.3.4 „Ökologische Flutung“ der Neuzeller Niederung

„Ökologische Flutungen“ sind nur in Kombination mit einer gesteuerten Flutung der Neuzeller Niederung denkbar. Der jährliche Schaden für die Landwirtschaft beträgt abhängig von Deichvariante, sowie Häufigkeit und Jahreszeit der Flutungen zwischen 77 000 €/a (Flutung alle 5 Jahre vor Beginn der Vegetationsperiode, DV1) und 731 000 €/a (jährliche Flutung vor der Ernte, DV2). Im Mittel über die Jahreszeit lässt sich der Schaden mit 130 000 (fünfjährliche Flutung) bis 540 000 €/a (jährliche Flutung) für die Deichvariante 1 sowie 140 000 (fünfjährliche Flutung)bis 560 000 €/a (jährliche Flutung) für die Deichvariante 2 angeben. Da variantenabhängig Kosten für Bau und Unterhalt von Flutungs- und Entleerungswehren bereits enthalten sind, gibt es keine weiteren Kostenpositionen, die von der „Ökologischen Flutung“ abhängig wären.

Über den Betrachtungszeitraum von 90 Jahren errechnet sich bei einem Kalkulationszinssatz von 3 % ein Kostenbarwert aus „Ökologischen Flutungen“ bei einem HW2 von 9,49 Mio. € (DV1) bzw. 9,88 Mio. € (DV2). Die Flutung bei einem HW5 verringert den Kostenbarwert um rund 60 %, die jährliche Flutung erhöht den Kostenbarwert um rund 75 %

Die „Ökologische Flutung“ verringert die Nutzen-Kosten-Relation für mittlere Werte und das Szenario HSZ-O1- mod bei DV1 um 21 % von 0,867 auf 0,0689. Für DV2 liegt die Reduktion bei 16 %. Die maximale Reduktion beträgt 31 und 26 %, die minimale 10 und 8 %. Gegenüber der günstigsten Variante Sprengung mit einer Nutzen-Kosten-Relation von 0,0928 liegt die „Ökologische Flutung“ für mittlere Werte mit 0,0689 um 26 % zurück.

7.2.3.5 Sensitivität

Die Sensitivität des Ergebnisses auf veränderte Randbedingungen wurde durch Variation der Randbedingungen, der Kalkulationszinssätze sowie der Nutzungsdauer untersucht.

Einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben dabei die Randbedingungen.

- Die Auswahl der oberen Werte für die Kosten und der unteren Schätzung für den Nutzen führt zu einer Verringerung der Nutzen-Kosten-Relation um 30,6 %.
- Die Auswahl der unteren Werte für die Kosten und der oberen Schätzung für den Nutzen führt zu einer Erhöhung der Nutzen-Kosten-Relation um 34,0 %.

Je kleiner der Kalkulationszinsatz ist, umso größer fällt der Beitrag weit in der Zukunft liegender Ereignisse zum Nutzen aus. Der Einfluss des Zinssatzes auf das Ergebnis ist daher ebenfalls erheblich:

- Ein Kalkulationszinssatz von 2 % führt zu einer Erhöhung der Nutzen-Kosten-Relation um 30,5 %.
- Ein Kalkulationszinssatz von 5 % führt zu einer Verringerung der Nutzen-Kosten-Relation um 34,4 %.

Die Variation der Nutzungsdauer zwischen 80 und 100 Jahren beeinflusst das Ergebnis nur geringfügig.

- Eine Verringerung der Nutzungsdauer auf 80 Jahre verringert die Nutzen-Kosten-Relation um 2,4 %.
- Eine Erhöhung der Nutzungsdauer auf 100 Jahre erhöht die Nutzen-Kosten-Relation um 1,8 %.

Abschließend wird der Einfluss eines maximierten Nutzens diskutiert. Hier wird angenommen, dass durch die Nutzung des Polders sowohl in Slubice als auch in Frankfurt (Oder) ein Deichbruch verhindert wird. Die für das Deichbruchszenario berechneten Schäden sind in Tab. 7-8 gegeben. Sie werden als Nutzen in die Analyse eingestellt.

Tab. 7-8: Szenario maximierter Nutzen: Schäden bei Deichbrüchen in Frankfurt (Oder) und Slubice

Frankfurt (Oder)	Untere Schätzung	Obere Schätzung	Mittel
Scheitelabsenkung 15 cm:	07,45 Mio. €	11,92 Mio. €	09,68 Mio. €
Scheitelabsenkung 20 cm:	08,99 Mio. €	14,41 Mio. €	11,64 Mio. €
Slubice			
Scheitelabsenkung 15 cm:	08,80 Mio. €	16,80 Mio. €	12,80 Mio. €
Scheitelabsenkung 20 cm:	12,26 Mio. €	24,40 Mio. €	18,33 Mio. €

Tab. 7-9 fasst das Ergebnis der Berechnung zusammen. Für die Kostenseite wurden untere Werte verwendet, für die Nutzenseite die obere Schätzung. Es handelt sich also um die größten Werte, die unter den getroffenen Annahmen erreicht werden können. Die Nutzen-Kosten-Relationen bewegen sich jetzt zwischen 0,1 und 0,4. Die beste Nutzen-Kosten-Relation wird für die Deichvariante 1 in Kombination mit der Flutungsoption Sprengung erreicht.

Tab. 7-9: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse, mittlere Kostenwerte, verhinderte Deichbrüche in Frankfurt (Oder) und Slubice, Nutzungsdauer 90 Jahre, Kalkulationszins 3 %.

Mittel		**Ungesteuert**		**Gesteuert**		**Sprengung**	
		DV1	**DV2**	**DV1**	**DV2**	**DV1**	**DV1**
Bw ereignisabhängige K.	[Mio. €]	0,32	0,35	0,32	0,35	0,35	0,38
Investition und Bw Unterhalt	[Mio. €]	39,24	47,10	34,67	46,53	32,24	44,10
Summe Kosten	[Mio. €]	39,56	47,45	34,99	46,88	32,59	44,48
Bw Nutzen 1997, HSZ-O1	[Mio. €]	0,00	0,00	5,73	5,73	5,73	5,73
Bw Nutzen, HSZ-O1 mod	[Mio. €]	12,03	12,03	12,03	12,03	12,03	12,03
NKR 1997, HSZ-O1	[-]	0,0000	0,0000	0,1637	0,1222	0,1758	0,1288
NKR HSZ-O1 mod	[-]	0,3041	0,2536	0,3438	0,2566	0,3692	0,2705

7.2.4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurde einerseits die Nutzung der Havelpolder, andererseits die Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder untersucht. Das Ergebnis ist stark abhängig von den berücksichtigten Nutzen- und Kostenpositionen und darf daher nicht verallgemeinert werden.

Im Falle der Havelpolder wurde die Flutung im Hochwasserfall als Zusatznutzung zu einer bestehenden Nutzung betrachtet. Daher konnten Investitionen und Unterhalt aus der Berechnung ausgeklammert und nur ereignisabhängige Kosten betrachtet werden. Dies lässt die Nutzung als Flutpolder außerordentlich wirtschaftlich erscheinen.

Im Falle der Neuzeller Niederung wurde die Flutung im Hochwasserfall als alleinige Nutzung betrachtet. Die Berücksichtigung von Investitionen und Unterhalt führt unter den gewählten Rahmenbedingungen zu einer geringen Wirtschaftlichkeit.

„Ökologische Flutungsvarianten" wirken sich unter den derzeitigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen deutlich negativ auf die Wirtschaftlichkeit der Poldernutzung aus.

Während großes Gewicht auf eine vollständige Erfassung der Flutungsschäden in den Poldern gelegt wurde, musste ein eher exemplarisches Vorgehen bezüglich der Schadenminderung für die Unterlieger gewählt werden. Eine Monetarisierung von Aufwandsänderungen bei Deichsanierung, Verteidigung und Evakuierung, die sowohl auf polnischer als auch auf deutscher Seite auf langen Flussabschnitten eintreten würden, ließe die Nutzung von Flutpoldern zur Risikominderung deutlich wirtschaftlicher erscheinen.

8 Handlungsoptionen

M. Gocht, Mitarbeit von A. Bronstert, H. Ellmann, S. Förster, D. Kneis, J. Martin, G. Neubert, W. Sauer, B. Schulze, R. Thiel

Die Zusammenstellung von Handlungsoptionen soll die Entscheidungsfindung unterstützen. Die Nutzung der Polder als Flutpolder und die Ausgestaltung der Rahmenbedingungen ist letztendlich eine gesellschaftliche bzw. politische Entscheidung, die daher keinesfalls direkt durch eine wissenschaftliche Untersuchung getroffen werden kann. Das Pro und Contra einer Nutzung als Flutpolder lässt sich aber als Ergebnis des Forschungsprojektes aus unterschiedlichen Sichtweisen darstellen.

Zu vier grundsätzlichen Fragen werden Argumente aus den im Rahmen des Forschungsprojekts berücksichtigten Sichtweisen zusammengetragen. Neben der grundsätzlichen Frage, ob eine Nutzung als Flutpolder sinnvoll ist, werden die Optionen „Flutungsbauwerke statt Deichsprengung“, „Landwirtschaftliche Nutzung“ in den Poldern, sowie „Ökologische Flutung“ diskutiert. Havelpolder und Neuzeller Niederung werden getrennt behandelt.

Die Handlungsoptionen werden aus den Sichtweisen des Hochwasserschutzes, der Ökologie, der Landwirtschaft, der Ökonomie sowie der gesellschaftlichen Rahmenbedingungen betrachtet. In der abschließenden Zusammenfassung (integrierte Betrachtung) werden die Einschätzungen der unterschiedlichen Sichtweisen in einer Entscheidungsmatrix zusammengestellt. Eine Wichtung der Sichtweisen drückt die Werthaltungen der Entscheider aus und wird in diesem Bericht nicht thematisiert.

8.1 Nutzung als Flutpolder

Havelpolder	Neuzeller Niederung
Sichtweise des Hochwasserschutzes	
Die Nutzung der Havelpolder als Hochwasserrückhalteraum ist sowohl nach den Erfahrungen des Hochwasserereignisses 2002 als auch aufgrund hydraulischer Berechnungen sehr sinnvoll. Durch die Flutung der Polder an der Unteren Havel während des Elbhochwassers 2002 wurde der Hochwasserscheitel signifikant reduziert und somit die Überschwemmungsgefahr für Wittenberge und umliegende Gebiete deutlich verringert. Im Zeitraum vom 20. bis 23.08.2002 wurde mit der Öffnung des Wehres Neuwerben insgesamt 75,6 Mio. m³ Elbwasser in die Havelniederung und die Polder eingeleitet, resultierend in einer effektiven Scheitelkappung am Pegel Wittenberge von ca. 40 cm. Auch die Scheitelabflüsse größerer Durchflusswellen an der Elbe, wie sie beim Ausbleiben von Deichbrüchen oberstrom der Havelmündung zu erwarten wären (maximiertes Szenario), lassen sich durch eine adäquate Nutzung der Polder bedeutend verringern.	Simulationen mit dem hydrodynamischen „Wasserstandsvorhersagemodell Grenzoder“ zeigten, dass bei einer gesteuerten Flutung mit maximal 140 m³/s der Scheitel des Hochwassers von 1997 am Pegel Frankfurt um ca. 15 cm abgesenkt werden könnte. Ein höherer Zustrom führt anfangs auch zu einer höheren Scheitelreduzierung, die aber bei dem relativ langen Scheitel des 1997’er Hochwassers nicht bis zum Ende gehalten wird. Dagegen wäre für einen im betrachteten Oderabschnitt typischen kürzeren Hochwasserscheitel eine Absenkung von bis zu 20 cm ohne Probleme realisierbar (Flutung mit 200 m³/s). Am unmittelbar oberstrom gelegenen Pegel Ratzdorf könnte bei einer Polderflutung mit anschließender Durchströmung eine Absenkung von bis zu ca. 40 cm erreicht werden.

Ökologische Sichtweise

Das ökologische Risiko ist jeweils abhängig von der Nutzung des Polders. Während in überwiegend als Grün- bzw. Ackerland genutzten Poldern ein eher geringes Risiko vorhanden ist, haben waldgeprägte Polder größere Anteile von Flächen mit höherem Risiko. Dieses höhere Risiko haben hier vor allem Waldflächen mit deutlich forstlicher Prägung auf Grenzstandorten und Hecken, Baumreihen sowie Feldgehölze. Zwar sind Schäden durch Überflutungen auch bei sog. Auebiotopen kartiert worden, jedoch wird hier von einer gewissen Verträglichkeit durch eine systembedingte „Auendynamik“ ausgegangen, was das Risiko bei diesen Biotopen vermindert. Zusammenfassend ist das ökologische Risiko bei einer Nutzung der Havelpolder als Flutpolder insgesamt als relativ gering zu bezeichnen.

Das ökologische Risiko für die vorkommenden Biotop- und Nutzungstypen hängt maßgeblich von der Flutungsvariante und der Überstaudauer ab. In der Neuzeller Niederung zeigt sich deutlich, dass das Risiko mit der Länge der Überstaudauer steigt und bei lang anhaltender Überstauung ein signifikantes ökologisches Risiko besteht. Dafür ist der hohe Anteil der Flächen aus „mageren Mähwiesen“ verantwortlich. Sie erstrecken sich aus dem flachen Bereich der Neuzeller Niederung in Richtung Westen zum Bahndamm hin, eine längere Überstauung würde für sie starke Beeinträchtigungen mit sich bringen. Betrachtet man allerdings die momentan vorhandenen „mageren Mähwiesen“ als eher naturfern, dann könnte man deren Schädigung auch als ökologisch unproblematisch ansehen.

Landwirtschaftliche Sichtweise

Flächenschäden der Landwirtschaft durch Flutung sind im Wesentlichen unvermeidbar, der Spielraum zur Schadenminimierung ist ausgesprochen begrenzt. Gleichwohl zeigt die Schadenanalyse der Flutung der Havelpolder 2002, dass vornehmlich durch ein optimiertes Ablauf-, Zeit- und Informationsmanagement schadenmindernde Anpassungen (vorgezogene Ernte, Bergung von Vorräten, kostengünstigere Evakuierung etc.) möglich gewesen wären, die jedoch mit unter 10 % des Schadens einzuschätzen sind. Insbesondere die rechtzeitige Vorhersage der wahrscheinlichen Polderflutung, die Polderauswahl sowie der Ablauf der Flutung inkl. des Rückflusses (Fischverluste) sollten anhand der Erfahrungen aus dem Hochwasser 2002 verbessert und in Katastrophenplänen entsprechend verankert werden.

Wie Befragungen betroffener Landwirte belegen, besteht durchweg Einsicht in die Notwendigkeit von Flutungen landwirtschaftlich genutzter Polder, wenn damit im Katastrophenfall größere Schäden anderen Orts vermieden werden können.

Flächenschäden der Landwirtschaft durch Flutung sind im Wesentlichen unvermeidbar, der Spielraum zur Schadenminimierung ist ausgesprochen begrenzt. Deshalb sowie wegen des Flächenentzugs und der Bewirtschaftungseinschränkungen durch den erforderlichen Schutzdeich wird die Nutzung als Flutpolder seitens betroffener Landwirte kritisch hinterfragt. Insofern haben Argumente hinsichtlich des Nutzens sowie die Klärung der Entschädigung und des Schadenausgleiches entscheidende Bedeutung für die Einsicht in die Notwendigkeit der Maßnahme.

Ökonomische Sichtweise

Durch die Nutzung der Havelpolder als Flutpolder wird ein sehr großes Rückhaltevolumen mit relativ geringen Investitionen erreicht, wobei das Vorhandensein funktionstüchtiger Deichanlagen begünstigend wirkt. Die Konsequenz ist, dass die Nutzung der Havelpolder außerordentlich wirtschaftlich erscheint. Die Nutzen-Kosten-Relation liegt für das Ereignis 2002 im Mittel bei 2,3, für das maxi-

Durch die Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder wird ein beachtliches Flutungsvolumen erreicht, allerdings mit hohen Investitionen. Diese hohen Kosten lassen sich primär auf den kompletten Neubau der Deiche als Abgrenzung zum Hinterland und zum Schutz bestehender Kleingartenanlagen in der Niederung bei gleichzeitig ungünstigen Bodenverhältnissen (Moor)

mierte Szenario wird eine mittlere Nutzen-Kosten-Relation von 3,4 erreicht. Die Unterhaltskosten für die Deiche wurden dabei vernachlässigt.	benen Untersuchungsrahmen führt dies zu sehr kleinen Nutzen-Kosten-Relationen.

Gesellschaftlicher Rahmen

Die Nutzung der Havelpolder als Flutpolder ist ein Beitrag zum gemeinsamen Hochwasserschutzprogramm von Bund und Ländern im Sinne des 5-Punkte-Programms der Bundesregierung „Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ vom September 2002. Ein weitgehender Ausgleich der Schäden in der Landwirtschaft durch die Gesellschaft erscheint angesichts deren stark begrenzter wirtschaftlichen Tragfähigkeit notwendig.	Die Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder ist ein Beitrag zum gemeinsamen Hochwasserschutzprogramm von Bund und Ländern im Sinne des 5-Punkte-Programms der Bundesregierung „Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ vom September 2002. Im Zusammenhang mit dem Hochwasserschutz im gesamten Oder-Einzugsgebiet kommt dieser Maßnahme eine nicht zu unterschätzende Signalwirkung für die Nachbarländer Polen und Tschechien zu. Gerade Brandenburg würde stark von ähnlichen Hochwasserschutzmaßnahmen im Mittel- und Oberlauf der Oder profitieren.

8.2 Flutungsbauwerke statt Deichsprengung

Havelpolder	**Neuzeller Niederung**

Sichtweise des Hochwasserschutzes

Die Deichsprengungen liefen im August 2002 nicht reibungslos ab, so dass z. T. mehrere Versuche notwendig wurden. Aus der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) ergeben sich für die Öffnung der Polder widersprüchliche Aussagen. Einerseits wird die Öffnung der Polder aus Gründen der Standsicherheit ab einem Wasserstand von 25,84 müNN für erforderlich gehalten. Andererseits wird ein Ausgangswasserstand im Havelschlauch von mindestens 26,00 müNN angestrebt, um die Ausbildung leistungsfähiger Breschen nach der Öffnung der Polderdeiche zu gewährleisten. Jedoch lagen die Wasserstände in den Stauhaltungen Garz und Havelberg zum Zeitpunkt der Poldersprengungen im August 2002 zumeist unter 26,00 müNN. Aus hydrologischer Sicht ist daher beim Einsatz von Flutungsbauwerken der Erfolg des Poldereinsatzes mit größerer Sicherheit zu gewährleisten, und somit ist ihnen der Vorzug zu geben. Allerdings besteht winters die Gefahr, dass die Funktionstüchtigkeit der Wehre durch Einfrieren beeinträchtigt werden kann.	Wegen der grundsätzlichen strömungsmechanischen Zusammenhänge zwischen Polderflutung und Abflussdynamik in einem Fliessgewässer ist die bei einer gesteuerten Flutung unterstrom erreichte und durchgehaltene Wasserstandsminderung stark abhängig von der Einstromrate in die Niederung sowie dem Zeitpunkt der Flutung. Beispielsweise führt ein bei einer Sprengung sich ergebender zu großer Zustrom zu einem frühzeitigen Volllaufen der Niederung und kann den Effekt einer Wasserstandsabsenkung für die Unterlieger deutlich mindern. Aus hydrologischer Sicht ist daher beim Einsatz von Flutungsbauwerken der Erfolg des Poldereinsatzes mit größerer Sicherheit zu gewährleisten. Damit ist Flutungsbauwerken der Vorzug zu geben.

Ökologische Sichtweise

Für „Ökologische Flutungen“ im Sinne des Forschungsprojektes, also gesteuerte Flutungen größerer Häu-

figkeit, sind Flutungsbauwerke unabdingbar.

Landwirtschaftliche Sichtweise

Aus landwirtschaftlicher Sicht ist die Polderflutung durch Bauwerke vorzuziehen, um Versandungen zu vermieden. Allerdings nehmen die dadurch entstehenden Schäden nur einen kleinen Anteil am Gesamtschaden ein. Es besteht daher aus landwirtschaftlicher Sicht keine zwingende Notwendigkeit für ein Bauwerk.

Ökonomische Sichtweise

Unter Annahme eines durchschnittlichen Wiederkehrintervalls der Polderflutung von 90 Jahren ist der finanzielle Aufwand bei der Errichtung eines Flutungsbauwerkes erheblich höher einzuschätzen, als bei einer Sprengung. Dies gilt für alle Flutpolder, auch wenn die Bauwerke unterschiedlich dimensioniert werden können. Allein der Unterhalts-, Instandhaltungs- und Betriebsaufwand übersteigt in den Perioden zwischen den Flutungen die Kosten, die bei einer Sprengung entstehen.

Die größte Nutzen-Kosten-Relation weist die Flutungsoption Sprengung auf. Hier macht sich insbesondere die Ereignisabhängigkeit von Sprengung und Rekonstruktion bemerkbar. Während diese Kosten nur dann auftreten, wenn der Flutpolder tatsächlich genutzt wird, erfordern die beiden anderen Flutungsoptionen (Flutungsbauwerk und feste Schwellen) Investitionen, die gesteuerte Flutung auch Reinvestitionen und Unterhalt. Gegen die Investitionskosten für die Deiche sind die Kosten für die Flutungsbauwerke mit 2 bis 3 Mio. € vergleichsweise gering. Die Deichsprengung und Rekonstruktion mit Kosten von 0,1 bis 0,3 Mio. € und einem Barwert von 30 000 bis 60 000 € ist im Mittel um den Faktor 55 günstiger als die Errichtung von Überlaufschwellen oder Wehren.

Gesellschaftlicher Rahmen

Bei Sprengungen, die nicht den gewünschten Erfolg bringen oder gar unerwartete Schäden nach sich ziehen, stellt sich im Nachhinein die Frage, ob alle technischen Regeln und bekannten Parameter berücksichtigt wurden. Die Erfahrungen des Hochwassers im August 2002 aus Sachsen-Anhalt zeigen, dass dies langwierige gerichtliche Auseinandersetzungen nach sich ziehen kann.

8.3 Landwirtschaftliche Nutzung in den Poldern

Havelpolder	Neuzeller Niederung

Sichtweise des Hochwasserschutzes

Solange ein ausreichendes Rückhaltevolumen gewährleistet wird, ist die Nutzung der Polder aus hydrologischer Sicht lediglich hinsichtlich der unterschiedlichen hydraulischen Rauigkeiten der verschiedenen Nutzungstypen von Bedeutung. Für die in diesem Projekt durchgeführten Berechnungen können diese jedoch vernachlässigt werden.

Ökologische Sichtweise

Ackerbauliche Nutzung im Überschwemmungsgebiet wird aus ökologischer Sicht kritisch gesehen, da sie in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen und der Geländemorphologie verstärkte Bodenerosion zur Folge haben kann. Auch ist die Wahrscheinlichkeit des Eintrages von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer je nach Zeitpunkt und Nutzungsintensität höher als bei Grünland. Zudem können durch die Notwendigkeit der Regulierung des Wasserhaushaltes bei ackerbaulicher Nutzung auch nicht

ackerbaulich genutzte Flächen beeinträchtigt werden.

Landwirtschaftliche Sichtweise

Die Einstellung der ackerbaulichen Nutzung in den Havelpoldern würde zu jährlichen Einbußen von 400 000 bis 900 000 € führen. Mit den Einbußen geht die Einkommensbasis für 20 bis 50 Arbeitskräfte, für die ggf. Sozialsicherungskosten durch die Gesellschaft zu tragen sind, verloren. Die durch die Umwandlung in Grünland erzielbare Schadenminderung ist im Vergleich zu den Einbußen marginal. Eine zwingende Einstellung der Ackernutzung in Poldern, die nur bei extremen Hochwasserereignissen überflutet werden, ist daher abzulehnen.

Die Einstellung der ackerbaulichen Nutzung in der Neuzeller Niederung wäre mit jährlichen Einbußen von 75 000 bis 175 000 € verbunden. Mit den Einbußen geht die Einkommensbasis für 3 bis 9 Arbeitskräfte in der Neuzeller Niederung verloren. Die durch die Umwandlung von Ackerland in Grünland erzielbare Schadenminderung ist im Vergleich zu den Einbußen marginal. Eine zwingende Einstellung der Ackernutzung in Poldern, die nur bei extremen Hochwasserereignissen überflutet werden, ist abzulehnen.

Ökonomische Sichtweise

Die Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzung führt zu Wertschöpfungsverlusten.

Gesellschaftlicher Rahmen

Die Einstellung der landwirtschaftlichen Nutzung in den Poldern lässt eine einfachere Durchsetzbarkeit der Polderflutung im Falle von Extremhochwassern erwarten.

Der Entwurf des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (vgl. BMU 2004) sieht im Abstrombereich von Überschwemmungsgebieten die Einstellung der ackerbaulichen Nutzung bis zum 31. Dezember 2012 vor. Außerhalb der Abstrombereiche ist eine ackerbaulichen Nutzung unter Auflagen möglich, wobei u. a. die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmittel der möglichen Flutung angepasst (eingeschränkt) wird. Die Ausgestaltung inkl. Ausgleichregelungen erfolgt über Landesrecht. Dabei sollte aus Sicht der Landwirtschaft ein angepasster Ackerbau nach guter fachlicher Praxis zugelassen werden.

Die verstärkte Anwendung von Agrarumweltmaßnahmen in Flutpoldern ist zu empfehlen.

8.4 „Ökologische Flutung"

Havelpolder	Neuzeller Niederung

Sichtweise des Hochwasserschutzes

Aus Sicht des Hochwasserschutzes muss angestrebt werden, dass die Verfügbarkeit des benötigten Poldervolumens im Hochwasserfall gegeben ist, was bedeutet, dass auch die „Ökologischen Flutungen" durch Steuerungsbauwerke erfolgen müssen, um bei großen Hochwasserereignissen eine an die Scheitelreduzierung ausgerichtete Steuerung vornehmen zu können. Ist dies gewährleistet, können „Ökologische Flutungen" mit einem effektiven Hochwasserschutz kombiniert werden.

Ökologische Sichtweise

„Ökologische Flutungen" fördern potentiell die Entwicklung von an Überflutung angepassten Biozönosen, so dass im Falle von Extremhochwassern Schäden bei der Flutung reduziert werden können.

Die betrachteten „Ökologische Flutungen" für kleinere Hochwasserereignisse würden aufgrund der topographischen Gegebenheiten zu längeren Überstauungen ohne nennenswerte Durchströmung in der Niederung führen und würden daher nur einge-

BERNHART (2003) beschreibt für einen Polder am Oberrhein, dass zur Gewährleistung ökologischer Aspekte eine Flutung nicht nur im Hochwasserfall, sondern mehrfache jährliche Überflutungen im natürlichen Ablauf und Rhythmus nötig sind. Stehendes Wasser und zu große Einstauhöhen stellen dabei einen Konflikt dar.

der Niederung führen und würden daher nur eingeschränkt der Ausbildung von an Überflutung angepassten Vegetationsbeständen und Artenzusammensetzungen in der gesamten Niederung dienen. Die momentan vorhandenen vegetationsökologischen Bedingungen würden sich deutlich ändern.

Landwirtschaftliche Sichtweise

Aus Sicht der Landwirtschaft sind „Ökologische Flutungen“ wegen der damit einhergehenden deutlichen Einkommensverluste abzulehnen.

Ökonomische Sichtweise

„Ökologische Flutungen“ senken im Wesentlichen wegen der Einkommensverluste der Landwirtschaft die Nutzen-Kosten-Relation für das Szenario August 2002 von 2,3 auf 0,07. Für das maximierte Szenario sinkt die Nutzen-Kosten-Relation von 3,4 auf 0,12.

„Ökologische Flutungen“ haben damit deutlich negative Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Polderflutung. Für die Havelpolder wäre ein entsprechender ökologischer oder touristischer Nutzen nachzuweisen, um die „Ökologische Flutung“ zu rechtfertigen.

„Ökologische Flutungen“ haben einen deutlich negativen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Nutzung der Neuzeller Niederung als Flutpolder. Im Vergleich der Nutzen-Kosten-Relationen liegt die „Ökologische Flutung“ gegenüber der günstigsten Variante „Sprengung“ um 20 % zurück.

Gesellschaftlicher Rahmen

Der Entwurf des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (vgl. BMU 2004) sieht im Abstrombereich von Überschwemmungsgebieten die Einstellung der ackerbaulichen Nutzung bis zum 31. Dezember 2012 vor. Außerhalb der Abstrombereiche ist eine ackerbaulichen Nutzung unter Auflagen möglich. In der Folge dieses Gesetzes erscheint eine Durchsetzung von „Ökologischen Flutungen“ einfacher als derzeit.

8.5 Zusammenfassung

Grundsätzlich ist zu beachten, dass es keinen absoluten Schutz vor Hochwasserereignissen geben kann. Daher zielt ein modernes integriertes Hochwassermanagement darauf, das Hochwasserrisiko (Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit der Überschwemmung und dem jeweils zugehörigen potentiellen Schaden) zu mindern und das Risiko auf einen Wert zu begrenzen, welcher letztlich politisch bzw. gesellschaftlich zu definieren ist. Dabei sind bezüglich der Schäden unterschiedliche Kategorien wie Menschenleben und -gesundheit, materielle Schäden (in Landwirtschaft, Siedlung und Gewerbe etc.) sowie ökologische Schäden zu unterscheiden.

Eine Risikominderung kann einerseits durch eine Minderung der Eintretenswahrscheinlichkeit der Überschwemmung und andererseits durch eine Minderung der Schadenpotentiale erfolgen. Unterschiedliche Schadenkategorien lassen sich nicht immer direkt miteinander vergleichen (Problematik: Wert von Menschenleben, Gesundheit, ökologische Funktion). Zudem bietet eine rein monetäre Bewertung hier nur begrenzte Möglichkeiten. Insbesondere lassen sich ökologische Risiken so kaum quantifizieren.

Der zielgerichteten Nutzung von Flutpoldern kommt beim Hochwasserrisikomanagement maßgebliche Bedeutung zu, denn mit ihrer Hilfe kann eine auftretende Hochwasserspitze für Unterlieger effektiv reduziert werden. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde die Nutzung bzw. Einrichtung von Flutpoldern aus unterschiedlicher Sichtweise untersucht. Dabei lag der Schwerpunkt des Projektes in erster Linie auf der Entwicklung einer umfassenden Methodik. Eine vollständige Abbildung und Quantifizierung aller Risikofaktoren, bzw. auch der ökonomischen Nutzen- und Kostenpositionen war angesichts des engen zeitlichen und finanziellen Rahmens nicht möglich, und sollte auch nicht durch ein Forschungsprojekt abgedeckt werden. Dies hat zur Folge, dass die zusammenfassende Nutzen-Kosten-Analyse, die nur die monetarisierten Aspekte erfasst, nicht als alleiniges Beurteilungskriterium herangezogen werden kann.

Die Ergebnisse des Projektes werden aufgrund der bestehenden Handlungserfordernisse dringend benötigt. Die gewählte interdisziplinäre Betrachtungsweise entspricht beispielhaft dem aktuellen Bedarf eines integrierten Hochwassermanagements. Die zuständigen Fachbehörden haben im Sinne eines nachhaltigen Flusseinzugsgebietsmanagements ein großes Interesse daran, die Projektergebnisse in ihren wasserwirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Vollzug einfließen zu lassen. Das Projekt liefert hierfür praxisorientierte Analysen und Handlungsvorschläge, die zur Entscheidungsunterstützung für die regionalen Planungen genutzt werden können. Durch den in den meisten Flussgebieten Mitteleuropas infolge großer Hochwasserereignisse bestehenden Handlungsdruck zum vorbeugenden und operationellen Hochwasserschutz und der Notwendigkeit, nach Maßgabe der Wasserrahmenrichtlinie Bewirtschaftungspläne für Einzugsgebiete zu erstellen, steht es außer Frage, dass die in diesem Projekt exemplarisch durchgeführte interdisziplinäre und integrative Herangehensweise auch in weiteren, ähnlich gelagerten Fragestellungen zum Hochwassermanagement Anwendungen finden können. Bei dieser Gelegenheit sei auf ein aktuelles deutsch-ungarisches Forschungsprojekt zum integrierten Hochwassermanagement (an der Theiß und der Elbe) hingewiesen (BÁLINT et al. 2004).

Als Vorschlag, wie die verschiedenen zuvor genannten Aspekte in eine integrative Bewertung einfließen können, wurde ein zweistufiges multi-kriterielles Entscheidungsunterstützungsverfahren für die Bedürfnisse des Projektes angepasst. Dieses kann dazu dienen, einen intensiven Diskussionsprozess in Gang zu setzen, mögliche Entscheidungen und deren Konsequenzen aus sehr unterschiedlichen Blickwinkeln zu beurteilen, und letztlich dadurch Kompromisse zu ermöglichen, die zu einer ausgewogenen Entscheidung führen:

1. Die erste Stufe des Verfahrens ist die Expertenbewertung. Auf Grundlage der vorstehenden Handlungsoptionen geben die Experten aus ihrer Sichtweise eine Bewertung der Optionen auf einer fünfstufigen Skala zwischen -2 und +2 ab. Dabei bedeutet: 2: sehr vorteilhaft, 1: vorteilhaft, 0: neutral, -1: nachteilig und -2: sehr nachteilig. Die gleichgewichteten Bewertungen stellen das Ergebnis der Expertenbewertung dar, die nach Untersuchungsgebieten getrennt erfolgt und von einer Zusammenfassung begleitet wird.
2. Die zweite Stufe des Verfahrens ist die Entscheiderbewertung. Sie bezieht die Werthaltungen der Entscheider in den Diskussionsprozess ein, d.h. – abweichend von Stufe 1 – werden hier die einzelnen Expertenbewertungen unterschiedlich gewichtet, und zwar je nach persönlicher Präferenz des Entscheiders. Da diese zweite Stufe in den Bereich der Politik und nicht der Wissenschaft gehört, endet dieser Forschungsbericht mit der ersten Stufe des Entscheidungsunterstützungsverfahrens.

8.5.1 Havelpolder

Tab. 8-1: Entscheidungsmatrix für die Havelpolder mit Expertenbewertung, 1. Stufe

Havelpolder

Optionen	Sichtweisen: Hochwasserschutz	Ökologie	Landwirtschaft	Ökonomie	Gesellschaftlicher Rahmen	Summenprodukt
Wichtungsfaktor	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	100 %
Nutzung als Flutpolder	2	0	-1	2	2	1.00
Bauwerk statt Sprengung	1	2	1	-2	1	0.60
Landwirtschaftliche Nutzung	0	-2	2	1	-1	0.00
„Ökologische Flutung“	1	2	-2	-2	0	-0.20

Die Nutzung der Havelpolder als Hochwasserrückhalteraum ist nach den Erfahrungen des Hochwasserereignisses 2002 und nach gewässerhydraulischen Simulationsergebnissen sehr sinnvoll. Auch die Scheitelabflüsse größerer Durchflusswellen an der Elbe, wie sie beim Ausbleiben von Deichbrüchen oberstrom der Havelmündung zu erwarten wären (maximiertes Szenario), lassen sich durch eine adäquate Nutzung der Polder bedeutend reduzieren. Unter den getroffenen Annahmen stellt sich die Nutzung der Havelpolder als Flutpolder außerordentlich wirtschaftlich dar, da keine Investitionen erforderlich sind und Kosten nur im Hochwasserfall entstehen, also dann, wenn auch ein Nutzen für die Unterlieger durch Entlastung der Deiche auftritt. Müssten für die Nutzung Deiche errichtet und unterhalten werden, wäre eine Wirtschaftlichkeit unter sonst gleichen Bedingungen nicht gegeben (Bewertung: +1,0).

Die Errichtung von Flutungsbauwerken ist aus Sicht des Hochwasserschutzes, der Ökologie und der Landwirtschaft wünschenswert, allerdings rechtfertigt der Nutzen nicht die bei Bau und Betrieb entstehenden Kosten (Bewertung: +0,6).

Eine ackerbauliche Nutzung in den Poldern wird aus ökologischer Sicht sehr kritisch gesehen. Unter den derzeitigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ist eine Umstellung auf Grünlandnutzung mit Einkommenseinbußen der Landwirtschaft verbunden, deren Höhe die Wirtschaftlichkeit der Polderflutung in Frage stellt. Flächenschäden der Landwirtschaft durch die Polderflutung sind im Wesentlichen unvermeidbar. Durch ein optimiertes Ablauf-, Zeit- und Informationsmanagement wäre jedoch im August 2002 eine Schadenminderung in Höhe von 10 % möglich gewesen (Bewertung: 0).

„Ökologische Flutungen“ im Sinne des Forschungsprojektes, also die häufige, gesteuerte Flutung der Polder, sind aus Sicht des Hochwasserschutzes möglich und aus Sicht der Ökologie wünschenswert. Unter den derzeitigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen erscheinen sie wegen der häufig auftretenden Einkommensverluste der Landwirtschaft unwirtschaftlich (Bewertung: -0,2).

8.5.2 Neuzeller Niederung

Tab. 8-2: Entscheidungsmatrix für die Neuzeller Niederung mit Expertenbewertung, 1. Stufe

Neuzeller Niederung

		Sichtweisen					
		Hochwasserschutz	Ökologie	Landwirtschaft	Ökonomie	Gesellschaftlicher Rahmen	Summenprodukt
	Wichtungsfaktor	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	100 %
Optionen	Nutzung als Flutpolder	2	0	-1	-1	2	0.40
	Bauwerk statt Sprengung	2	0	1	-2	1	0.40
	Landwirtschaftliche Nutzung	0	-2	2	1	-1	0.00
	„Ökologische Flutung“	1	0	-2	-2	0	-0.60

Sowohl mit der gesteuerten als auch mit der ungesteuerten Flutung der Neuzeller Niederung kann ein deutlicher Beitrag zur Minderung des Hochwasserrisikos für die Unter- bzw. Oberlieger geleistet werden. Durch die Errichtung eines das Hinterland und Kleingartenanlagen im Norden der Niederung schützenden Deiches bei abschnittsweise schwierigen Untergrundverhältnissen und wegen umfangreichen Entschädigungszahlungen sind hohe Investitionen für die Nutzung als Flutpolder erforderlich. Brandenburg würde jedoch stark von ähnlichen Hochwasserschutzmaßnahmen im Mittel- und Oberlauf der Oder profitieren. Im Zusammenhang mit dem Hochwasserschutz im gesamten Oder-Einzugsgebiet kommt dieser Maßnahme eine nicht zu unterschätzende Signalwirkung für die Nachbarländer Polen und Tschechien zu. (Bewertung: +0,4).

Eine optimale Scheitelreduzierung für Unterlieger ist nur über eine Polderflutung mittels Flutungsbauwerken möglich. Gegen die sonstigen Investitionskosten sind die Kosten für Flutungsbauwerke gering. Daher ist der Einsatz von Flutungsbauwerken in der Neuzeller Niederung sinnvoll (Bewertung: +0,4)

Eine ackerbauliche Nutzung in den Poldern wird aus ökologischer Sicht sehr kritisch gesehen. Unter den derzeitigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ist jedoch eine Umstellung auf Grünlandnutzung mit Einkommenseinbußen der Landwirtschaft verbunden, deren Höhe deutlichen geringer als der ökonomische (monetär bewertbare) Nutzen der Einstellung ist (Bewertung: 0).

„Ökologische Flutungen“ im Sinne des Forschungsprojektes, also die häufige gesteuerte Flutung der Polder bei kleineren Hochwasserereignissen, würden aufgrund der topographischen Gegebenheiten zu längeren Überstauungen ohne nennenswerte Durchströmung in der Niederung führen und sind daher aus ökologischer Sicht nur bedingt vorteilhaft. Die erforderliche Umstellung der Landwirtschaft auf Grünlandnutzung würde deutliche Einkommensverluste der betroffenen Betriebe sowie Arbeitsplatzverluste zur Folge haben. Zudem wäre auch die Grünlandnutzung in Abhängigkeit vom Flutungsregime und der Überstaudauer mit deutlichen Einschränkungen verbunden (Bewertung: -0.6).

9 Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick

S. Förster, D. Kneis, J. Martin, W. Sauer

Ziel des Projektes war die Prüfung bzw. Optimierung der Nutzung von Flutpoldern an der Elbe/Havel (Untere Havelniederung) bzw. an der Oder (Neuzeller Niederung) und die Beurteilung der Polderflutung nach Kriterien eines modernen Risikomanagements im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse. Ein wesentlicher Bestandteil war dabei die Beschreibung der Dynamik des Füllungs- und Entleerungsvorganges für definierte Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen zur Ermittlung der betroffenen Polderflächen. Dazu wurden für beide Untersuchungsgebiete geeignete Ansätze verwendet. Im Falle der Unteren Havel wurde das „Gekoppelte Speicher Modell" zur Beschreibung der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung in der Unteren Havel und den Flutpoldern entwickelt. Einen weiteren Schwerpunkt stellte die nach verschiedenen Schadenkategorien differenzierte Ermittlung der wirtschaftlichen Schäden im Falle der Flutung ebenso wie die Bewertung von Nutzen und Schaden einer Flutung aus naturschutzfachlicher Sicht dar. Die abschließende Nutzen-Kosten-Analyse zur Bewertung der Effektivität der Polderflutung in Rahmen eines Risikomanagements beruhte auf der Schadenpotentialanalyse für die betrachteten Unterliegergebiete an der Elbe (Wittenberge) und der Oder (Frankfurt (Oder) bzw. Slubice) und den in den Polderflächen zu leistenden Investitionen und zu erwartenden Schäden. Über den Projektrahmen hinaus wurden neben extremen Hochwassern auch „Ökologische Flutungen", d.h. die regelmäßige Flutung der Retentionsflächen bei kleineren Hochwassern, in die Betrachtung aufgenommen.

Im Folgenden werden über die erreichten Projektergebnisse hinaus Potentiale für wissenschaftliche und technische Weiterentwicklungen aufgezeigt.

Gekoppelte Speicher Modell

Das Gekoppelte Speicher Modell wurde detailliert dokumentiert, so dass es jederzeit für weitere Simulationen, z.B. bei Vorliegen genauerer Datengrundlagen, angewandt werden kann.

a) Geländemodell

Während für das Untersuchungsgebiet Neuzeller Niederung ein aktuelles hochgenaues Digitales Geländemodell auf Basis einer Laserscan-Erhebung vorlag, wurde für das Gebiet der Havelpolder mit einem DGM auf Basis der Topografischen Karte 1:10.000 und Vermessungsdaten gearbeitet, die als Grundlage für die Berechnung der Speicherinhaltsfunktionen der Oberflächenwasserspeicher dienten. Der Vergleich der aus der TK 10 entnommenen Höheninformationen mit eigenen Messungen und Messungen Dritter ergab z. T. deutliche und z. T. auch systematische Abweichungen. Insbesondere in meliorierten Moorgebieten ist mit systematischen Fehlern der in der TK 10 enthaltenen Höheninformationen zu rechnen.

Es ist zu erwarten, dass sich mit der Erstellung eines DGM aus einer Laserscan-Befliegung eine wesentlich verbesserte Datenbasis zur Ableitung der Speicherinhaltsfunktionen ergibt. Sobald diese Daten vorliegen, können sie mittels der entwickelten Preprocessing-Programme in kurzer Zeit so aufbereitet werden, dass sie für Simulationen mit dem „Gekoppelte Speicher Modell" eingesetzt werden können.

Mit dem Vorliegen eines hochgenauen DGM wäre es auch möglich, die Reliefstruktur innerhalb der Polder in die Modellierung einzubeziehen und – wo nötig – eine weitergehende Untergliederung der Speicher vorzunehmen.

Weiterhin ist zu erwarten, dass mit dem Vorliegen eines hochgenauen Geländemodells die räumliche Abgrenzung der Polderflächen sehr viel genauer als zum gegenwärtigen Zeitpunkt möglich ist.

b) Durchflussfunktionen für Speicherverbindungen

Hinsichtlich der von Gefälle und Wasserstand abhängigen Durchflussfunktionen für die Havel besteht ein deutlicher Verbesserungsbedarf. Dabei sollte versucht werden,

- die beim WSA Brandenburg vorliegenden Erfahrungen konsequent zu nutzen und auf z. T. bereits erstellte bzw. derzeit erarbeitete, empirischen Beziehungen zurückzugreifen

- Ergebnisse des stationären hydraulischen Modells der BfG, welches im Rahmen des Projektes „Entwicklung naturnaher Strukturen in der Unteren Havel" um die Vorlandbereiche erweitert wurde, einzubeziehen.

Genauso sollte über alternative Diskretisierungen des Havelschlauches in einzelne Speicher nachgedacht und die Sensitivität des Modells gegenüber solchen Veränderungen getestet werden.

Auch die für die Szenariosimulation verwendeten Durchflussbeziehungen für die Einlassbauwerke der Flutungspolder bedürfen einer kritischen Überarbeitung. Hierfür müssen jedoch zunächst detaillierte Informationen über die hydraulischen Eigenschaften von geplanten Flutungsbauwerken vorliegen und insbesondere die Höhenlage der Bauwerkssohlen bekannt sein.

Bei zukünftigen Modellrechnungen sollten zudem die bestehenden Verbindungen zwischen einzelnen Poldern (z.B. Durchlässe zwischen den Poldern Twerl und Schafhorst) parametrisiert und einbezogen werden.

c) Abbildung und Parametrisierung von Grundwasserspeichern

Hinsichtlich des Prozesses der Speicherung von Wasser im Aquifer besteht in mehrerer Hinsicht dringender Verbesserungsbedarf.

Bei der Parametrisierung der aktuellen Variante des GS-Modells stellte sich insbesondere das Problem, räumliche Grenzen festzulegen, innerhalb derer die Wasserstände im Aquifer mit den Wasserständen in der Havel und dem Überflutungsgebiet in Wechselwirkung stehen. Hier könnten durch eine Auswertung von Pegelmessungen aber auch Modellstudien nützliche Erkenntnisse gewonnen werden.

Daneben sollte aber auch der theoretische Ansatz zur Abbildung des Grundwasserspeichers im GS-Modell kritisch überprüft werden. Unter anderem wäre es sinnvoll, laterale Wasserflüsse zwischen den einzelnen simulierten Grundwasserspeichern im GS-Modell zuzulassen. Voraussetzung für derartige Erweiterungen und generell eine verbesserte Parametrisierung der Aquifer-Speicherung wäre die Beschaffung und Aufbereitung hydrogeologischen Basisinformationen.

Entwicklung eines quasi 2-dimensionalen Modells zur Modellierung der Wasserausbreitung innerhalb der Polderflächen (Modell „P2D")

Im „Gekoppelte Speicher Modell" werden die einzelnen Polderflächen durch ihre Speicherinhaltslinien beschrieben. Entsprechend erfolgt die Ausweisung der Flächenbetroffenheiten je Zeitschritt lediglich aufgrund der Höhenlage. Dieser vereinfachte Ansatz war für die Fragestellung des Projektes ausreichend.

Sollen dagegen die Fließprozesse innerhalb der Polderfläche unter dem Gesichtspunkt der Identifizierung von Flutungshindernissen, der Optimierung der Lage von Deichöffnungen, der Untersuchung des Einflusses verschiedener Landnutzungen auf die Wasserausbreitung oder der Beschreibung der Durchströmung eines Polders betrachtet werden, ist ein 2-dimensionaler Ansatz zur Modellierung der Wasserausbreitung notwendig. Im Projekt wurde mit dem Modell „P2D" mit der Entwicklung eines Ansatzes begonnen, der eine flächendifferenzierte Abbildung des Füllungs- und Entleerungsvorganges in einzelnen Poldern als Funktion vorgegebener Randbedingungen erlauben soll. Für eine sinnvolle Anwendung dieses quasi 2D-Modells werden hochgenaue Höhendaten, die von der Landnutzung abhängige Rauigkeit sowie Zeitreihen des Außenwasserstandes bzw. der Zu- und Abflüsse als Randbedingungen benötigt. Das Modell „P2D" stellt eine erste Entwicklungsstufe dar, die - wie sich bei ersten Testläufen sowohl für die Neuzeller Niederung als auch für Einzelpolder an der Unteren Havel zeigte - unbedingt der Verbesserung und Weiterentwicklung bedarf.

Auswirkungen des Überstaus auf Wassergüte und Fischereischäden

Bei der Flutung der Havelpolder während des Elbhochwassers 2002 stellte sich insbesondere aufgrund der zu diesem Zeitpunkt herrschenden heißen Witterung die Frage der Wassergüte als besonderes Problem heraus. Die den Fischereibetrieben durch das resultierende Fischsterben entstandenen Kosten wurde im vorliegenden Bericht aufgenommen (siehe Kapitel 5.2.1). Vor dem Hintergrund zukünftiger Polderflutungen sollten daher Fragen der Wassergüte eingehender untersucht werden. Insbesondere besteht For-

schungsbedarf hinsichtlich der Auswirkungen des Überstaus verschiedener Nutzungsarten auf die Wassergüte im Polder sowie im Auslauf. Dieser Aspekt ist auch für die Bewertung „Ökologischer Flutungen" interessant.

Auswirkungen der Länge des Überstaus auf Grün- und Ackerland

Die Andauer des Überstaus bei den betrachteten Hochwasserszenarios und Flutungsoptionen wurde in Form der Flächenbetroffenheit räumlich ausgewiesen. Bei der Schadenbewertung im Bereich der Landwirtschaft wurde unterstellt, dass durch die Flutung der zum Zeitpunkt stehende Aufwuchs voll geschädigt wird, ohne die Differenzierung nach der Überstaudauer einzubeziehen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich ggf. geringere Schäden auf Flächenanteilen mit kürzerer Überstaudauer und Schäden aufgrund der eingeschränkten Erreichbarkeit auf nicht überflutete Flächen annähernd ausgleichen.

Um dennoch eine flächenscharfe Schadenerfassung durchzuführen, sind Untersuchungen zu Ertragsverlusten in Abhängigkeit der Überflutungsdauer der einzelnen Anbaufrüchte notwendig, welche bisher noch nicht vorliegen. Eine solche genaue Schadenerhebung setzt allerdings eine exakte Ermittlung der Flächenbetroffenheit voraus, wie sie auf Grundlage eines hochgenauen Geländemodells und der Simulation der Wasserausbreitung unter Einbeziehung der Geländehöhe und -rauigkeit mit einem 2D-Modell möglich wäre. Des Weiteren ist das Grundwassermodell so zu verbessern, dass der Grundwasser-Flur-Abstand (GFA) flächenscharf modellierbar wird, da die Anbaufrüchte im Aufwuchs gehindert sind, solange der GFA die nach Fruchtart unterschiedlichen Werte unterschreitet.

Bewertung des ökologischen Risikos

In dieser Studie wurden bei Flutung zu erwartende monetarisierbare Schäden für die Bereiche Landwirtschaft, Siedlung und Infrastruktur untersucht. Darüber hinaus wird der Schaden bzw. der Nutzen einer Flutung jedoch von weiteren Aspekten bestimmt, die schwieriger in monetären Werten zu fassen sind, so z.B. Aspekte des Natur- und Umweltschutzes oder des Tourismus. Soll eine Maßnahme umfassend bewertet werden, so sind neben dem offensichtlich ökonomischen Schaden bzw. Nutzen auch diese Aspekte einzubeziehen. In der vorliegenden Studie wurde eine Bewertung der Schäden an Biotopen anhand der Methode der Ökologischen Risikoanalyse durchgeführt. Da es sich dabei nicht um eine monetäre Bewertungsmethode handelt, liegen die Ergebnisse nicht in der „gleichen Einheit" wie die der anderen erfassten Kategorien vor und können somit nicht direkt in die Nutzen-Kosten-Analyse einbezogen werden. Dennoch gibt es erste Ansätze zur ökonomischen Bewertung natürlicher Ressourcen wie den Wiederherstellungskostenansatz oder wie die Erfassung der Zahlungsbereitschaft (Willingness to pay). MEYERHOFF (1999) stellt beispielsweise verschiedene Ansätze zur ökonomischen Bewertung ökologischer Leistungen an einem Untersuchungsgebiet der Elbauen vor.

Vergrößerung des Retentionsraumes in der Unteren Havelniederung

Im vorliegenden Projekt wurde von den als Flutungspolder festgesetzten Poldern und der in der Wehrbedienungsvorschrift (WBV 1993) benannten maximalen Flutungshöhe von 26,40 müNN a. P. Wittenberge ausgegangen. Das Retentionsvolumen erwies sich für die beiden betrachteten Hochwasserszenarios als ausreichend.

Im Landesumweltamt Brandenburg laufen gegenwärtig Arbeiten zur Ermittlung potentieller weiterer Retentionsflächen[35], während für das Land Sachsen-Anhalt derzeit keine Überlegungen hinsichtlich der Aufnahme zusätzlicher Polderflächen in das Poldersystem an der Unteren Havel bestehen[36]. Da die zusätzlichen Flächen i. d. R. nicht direkt an die Havel angebunden sind, muss eine potentielle Flutung über die Havel-Nebenflüsse bzw. andere Polder erfolgen. Dafür ist insbesondere ggf. mittels eines Models die Frage zu prüfen, ob das für die Flutung der Polder benötigte Wasserspiegelgefälle aufgebaut werden kann.

Nach der WBV (1993) sind die Havelpolder auf einen Wasserstand von 26,40 müNN bezogen auf den Pegel Wittenberge ausgelegt. Unter Sicherstellung der Standfestigkeit der Deiche würde bei einer poten-

[35] Herr Bohl, Landesumweltamt Brandenburg, mündliche Mitteilung, 02/2003

[36] Herr Kürschner, LHW Sachsen-Anhalt, mündliche Mitteilung, 05/2003

tiellen Erhöhung des zulässigen Wasserspiegels ein erheblich größeres Volumen in der Havelniederung untergebracht werden können. Potentielle Schäden wären dabei v. a. in der Stadt Havelberg zu erwarten. Hier sollten in einer Untersuchung unter Einbeziehung eines genauen Geländemodells, der aktuellen Flächennutzung und Beachtung des Einsatzes mobiler Deichwände eine Schadenpotentialanalyse analog der in diesem Projekt für Wittenberge und Frankfurt (Oder) bzw. Slubice durchgeführten Analysen erarbeitet werden, um den maximal tolerierbaren Wasserstand in Havelberg im Verhältnis zum erzielten Nutzen zu untersuchen.

10 Anhang

Abkürzungen

AL	Ackerland
ALK	Automatisiertes Liegenschaftskataster
AK	Arbeitskraft
Akh	Arbeitskraftstunde
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AZ	Ackerzahl
BAV	Bruttoanlagevermögen
BÜK	Bodenübersichtskarte
BWS j. E.	Bruttowertschöpfung je Erwerbstätiger
DB	Deckungsbeitrag
DGM	Digitales Geländemodell
DKKV	Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DV	Deichvariante
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FOP	Flutungsoption
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GL	Grünland
GPS	Global Positioning System
JRC	Joint Research Centre (Ispra, Italien)
HW	Hochwasserstand
HHW	höchster Hochwasserstand
HSZ	Hochwasserszenario
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IKSO	Internationale Kommission zum Schutz der Oder
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KULAP	Kulturlandschaftsprogramm
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft
LUA	Landesumweltamt
LVLF	Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (vormals LVL)
LVZ	Landwirtschaftliche Vergleichszahl
MHW	mittlerer Hochwasserstand
MLUR	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg
MNW	mittlerer Niedrigwasserstand
MW	Mittelwasserstand
NAV	Nettoanlagevermögen
NNW	niedrigster Niedrigwasserstand
NW	Niedrigwasserstand
OSK	Oder-Spree-Kanal
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
TK 10	Topografische Karte 1:10.000
TM	Trockenmasse
USGS	US Geological Survey
WBV	Wehrbedienungsvorschrift
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt

Literatur

Kapitel 1: Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

Bernhard, H.-H. (2003): Naturverträglicher Hochwasserschutz – Wasserbauliche Aspekte. Natur & Landschaft 78/4, S. 138-142.

BfG (2002): Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. Bundesanstalt für Gewässerkunde.

De Roo, A. und Schmuck, G. (2002): ODER-LISFLOOD – Assessment of the effects of engineering, land use and climate scenarios on flood risk in the Oder catchment. Abschlussbericht des Joint Research Centre der Europäischen Kommission, Ispra.

DKKV (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des Deutschen Kommitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV), 29.

FAS (1967): Ermittlung der Speicherfähigkeit der Havelniederung unterhalb Rathenow. Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin.

FAS (1975): Modellversuche für Flutungsbauwerke. Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin

FAS (1987): Hydraulische und hydrologische Parameter der Unteren Havel – Wasserstraße. Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin.

Fröhlich (1999): Analyse der hydrologischen Aspekte der Entstehung von Hochwasser an der Havel und deren Vorhersage. Bundesanstalt für Gewässerkunde.

GUT – Gesellschaft für Umweltplanung mbH (2001): Umweltverträglichkeitsstudie zur Rekonstruktion des Oderdeiches Neuzeller Niederung inkl. FFH-VP. Studie im Auftrag des LUA Brandenburg, Potsdam.

Henrichfreise, A. (2003): Dienen Polder dem Naturverträglichen Hochwasserschutz? Natur & Landschaft 78/4, S. 150-153.

Hydroplan – HYDRO-Planungsgesellschaft mbH (1998): Nutzung der Oderpolder für den Hochwasserabfluss. Studie im Auftrag des LUA Brandenburg, Wandlitz.

Internationale Kommission zum Schutz der Oder (IKSO) (1999): Das Oderhochwasser 1997. Bericht der Arbeitsgruppe Hochwasser der IKSO.

Kießling, J. (1994): Schutzwürdigkeitsgutachten NSG „Oder-Neiße“. Studie im Auftrag des LUA Brandenburg, Abt. N, Burg/Spreewald.

Kranawettreiser, J. (1983): Vorzugslösung für das Hochwasser-Schutzsystem im Flachland unter besonderer Berücksichtung der Unteren Elbe. Dissertation an der TU Dresden.

Kranawettreiser, J. (2002): Hochwasserschutz durch Überschwemmungsflächen (Havel). Material für das weiterbildende Studium Bauingenieurwesen, Wasser und Umwelt im Sommersemester 2002. Bauhaus-Universität Weimar.

LAGS - Landesanstalt für Großschutzgebiete (1997): Kurzgutachten zum LSG „Neuzeller Wiesen“.

LUA (2002): Das Elbehochwasser im Sommer 2002. Bericht des Landesumweltamtes Brandenburg. Nr. 73.

Nestmann, F. und Büchele, B.(Hrsg.) (2002): Morphodynamik der Elbe. Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe.

Niekamp, O. (2001): Hochwasserschäden. In: Patt, H. (Hrsg.) (2001): Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz. Springer-Verlag.

Pfarr, U. (2002): Ökologische Seite eines modernen Hochwasserschutzes am Beispiel des Integrierten Rhein-Programms Baden-Württemberg. Rundgespräche d. Kommission f. Ökologie. Bd. 24 „Katastrophe oder Chance? Hochwasser und Ökologie“. S. 85-94. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

PROWA (1995): Analyse des Hochwasserschutzes der Havel. PROWA Planungsgesellschaft mbH Magdeburg.

Rat des Bezirkes Potsdam (1990): Beschluss zu Hochwassergebieten im Bezirk Potsdam. Beschluss-Nr. 0005/90 vom 17.01.1990.

SEL (2002): Wehrgruppe Quitzöbel. Gemeinsamer Erfahrungsbericht von Sondereinsatzleitung und Beraterstab.

WBV (1993): Vereinbarung zwischen den Ländern Brandenburg und Sachsen-Anhalt über die Bedienung der Wehrgruppe Quitzöbel zur Abwehr von Hochwassergefahren. Potsdam und Magdeburg.

Kapitel 2: Analyse der Überflutungssituation in den Havelpoldern zum Elbehochwasser 2002

BfG (2002): Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. Bundesanstalt für Gewässerkunde.
Buchta, R. (2003): Hochwasserschutz und Landnutzung in der Unteren Havelniederung – Schlussfolgerungen aus dem Elbe-Hochwasser vom August 2002. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Heft 3.
DKKV (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des Deutschen Kommitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV), 29.
DWD (2002): Deutscher Wetterdienst. http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/regen/rr-extrem_200208.pdf, Zugriff 04.02.2004.
LUA (2002): Das Elbehochwasser im Sommer 2002. Bericht des Landesumweltamtes Brandenburg. Nr. 73.
SEL (2002): Wehrgruppe Quitzöbel. Gemeinsamer Erfahrungsbericht von Sondereinsatzleitung und Beraterstab.
Staubeirat (2002): Havelstau 2001/2002. Informationsmaterial des Wasser- und Schifffahrtsamtes Brandenburg.
Simon, M. (2002): Das Extremhochwasser der Elbe vom August 2002. http://www.bwk-niedersachsen.de/download/HW_Artikel_Schlussfolgerungen.pdf, Zugriff 04.02.2004.
WBV (1993): Vereinbarung zwischen den Ländern Brandenburg und Sachsen-Anhalt über die Bedienung der Wehrgruppe Quitzöbel zur Abwehr von Hochwassergefahren. Potsdam und Magdeburg.

Kapitel 3: Simulation der Abfluss- und Wasserstandsentwicklung für verschiedene Hochwasserszenarios zur Ermittlung der Flächenbetroffenheiten

Bollrich, G., Preißler, G. (1992): Technische Hydromechanik Band 1. Verlag für Bauwesen, Berlin München.
De Roo, A. (2003): The simulation of two polders for flood protection in the German part of the Oder catchment. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Ispra (unpublished).
Dohle, W., Weigmann, G., Schröder, T. (1999): Das Untere Odertal – Charakterisierung des Untersuchungsgebietes. Limnologie aktuell. Band 9. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
Feldmann, A. (2002): Standortkundliche Untersuchung in gepoldertem Auengrünland der Großen Grabenniederung (Untere Havel) als Vorbereitung für ein Renaturierungskonzept. Diplomarbeit. Universität Potsdam.
Hake, G., Grünreich, D., Meng L. (2002): Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Information. Walter de Gruyter Verlag.
Henrichfreise, A. (2003): Dienen Polder dem Naturverträglichen Hochwasserschutz? Natur & Landschaft 78/4, S. 150-153.
Kinzelbach, W. (1986): Groundwater Modelling – An Introduction with sample programs in BASIC. Developments in water science. No. 25. Elsevier.
Kranawettreiser, J. (2002): Hochwasserschutz durch Überschwemmungsflächen (Havel). Material für das weiterbildende Studium Bauingenieurwesen, Wasser und Umwelt im Sommersemester 2002. 1. Auflage, Bauhaus-Universität Weimar.
Kumke, K. (2003): Vortrag auf der Tagung des BWK am 07.11.2002 in Potsdam.
LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1999): "Auswirkungen der Ökologischen Flutungen der Polder Altenheim. Ergebnisse des Untersuchungsprogramms 1993-1996.". Materialien zum Integrierten Rheinprogramm, Bd. 9.
Löper, G. (2002): Der Hochwasserschutzraum Havelniederung. Erläuterungen zur Steuerung der Stauhaltungen durch das WSA Brandenburg während der Havelflutung vom 20.08.02 bis 23.08.02. Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg. 12.09.2002.
LUA (2002): Das Elbehochwasser im Sommer 2002. Bericht des Landesumweltamtes Brandenburg. Heft-Nr. 73.
GUT – Gesellschaft für Umweltplanung mbH (2003): Deichneubau und Deichrekonstruktion Teilobjekt 17. Unterlagen zum Scoping-Termin. GUT Gesellschaft für Umweltplanung mbH im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
PGS (2004): Vorplanung Oder-Retentionsflächen Deichneubau und Deichrekonstruktion Neuzeller Niederung. Planungsgesellschaft Dr. Scholz mbH im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.

Pfarr, U. (2002): Ökologische Seite eines modernen Hochwasserschutzes am Beispiel des Integrierten Rhein-Programms Baden-Württemberg. Rundgespräche d. Kommission f. Ökologie. Bd. 24 „Katastrophe oder Chance? Hochwasser und Ökologie“. S. 85-94. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

Schmidt, M. (1957): Gerinnehydraulik. VEB Verlag Technik Berlin und Bauverlag GmbH, Wiesbaden.

Rademacher, S. (2003): Das Wasserstandsvorhersagemodell für die Grenzoder. BfG-Jahresbericht 2001/2002. S. 24-27. Koblenz 2003. ISSN 0170-5156.

Rössert, R. (1984): Hydraulik im Wasserbau. R. Oldenburg Verlag München.

Staubeirat (2002): Havelstau 2001/2002. Informationsmaterial des Wasser- und Schifffahrtsamtes Brandenburg.

WBV (1993): Vereinbarung zwischen den Ländern Brandenburg und Sachsen-Anhalt über die Bedienung der Wehrgruppe Quitzöbel zur Abwehr von Hochwassergefahren. Magdeburg und Potsdam.

Kapitel 4: Schadenpotentiale in Siedlung/Infrastruktur und Ökologie

Anonym (1996) Internet: Standörtliche Eignung und Gefährdung der wichtigsten Baumarten ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG.

Anonym (2000): Machbarkeitsstudie „Auenkonzept Ingolstadt“ – Prognose der Auswirkungen - http://www.ingolstadt.de/expo/machbarkeitsstudie_kapitel_06_de.htm.

Anonym (2003): Freifeldprüfanlage im Bohrer, http://www.landespflege-freiburg.de/forschung/prüfung.html.

Armbrüster,N; Müller, E.; Janiesch, P. und Junk W.J. (1999): Die Auswirkungen von Überflutung auf Photosynthese, Blattphysiologie und Phänologie zweier Baumarten des zentralamazonischen Überschwemmungswaldes. Vortrag V-2.2, 12. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie - gtö. Ulm.

Bachfischer, K. (1978), in: First; Schollest (2001): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung.

Bernhart, H.H. (2003): Naturverträglicher Hochwasserschutz – Wasserbauliche Aspekte. Natur und Landschaft, 78. Jahrgang, Heft 4, S. 138-142.

Biotopkartierung Brandenburg, Kartieranleitung. LUA Brandenburg, Potsdam 1994.

Bonn, A.; Hagen, K. und Helling, B. (1997): Einfluss des Überschwemmungsregimes auf die Laufkäfer- und Spinnengemeinschaften in Uferbereichen der Mittleren Elbe und Weser. Arbeitsber. Landschaftsökologie Münster: 18: 177-191.

Briemle, G. (1999): Auswirkungen zehnjähriger Grünlandausmagerung.- Naturschutz und Landschaftsplanung 31, (8), 1999.

Brändle, R. (1990): Überlebensstrategien der Rhizome von Sumpf- und Röhrichtpflanzen - In: Sukopp, H. & Krauss, M.: Ökologie, Schutz und Gefährdung von Röhrichtpflanzen - Technische Universität, Fachbereich 14 - Landschaftsentw., Berlin: 103-120.

Brückner, A., Ellmann, H., Schulze, B., Gohr, B. u. Steinhauer, Ch. (1999) Revitalisierung der Wasseranlagen in historischen Parkanlagen Brandenburgs. Brandenburgisches Amt für Denkmalpflege Potsdam.

Burkart, M. (1998): Die Grünlandvegetation der unteren Havelaue in synökologischer und syntaxonomischer Sicht; Diss. Universität Potsdam 1998.

Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Stuttgart, 1095 S.

Ellmann, H. und Schulze, B. (2000): Konzept zur Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes in der Großen Graben Niederung, PHASE I; Naturpark Westhavelland, Landesanstalt für Großschutzgebiete Brandenburg.

Ellmann, H. (2004a) Ermittlung von Einzelpreisen im Straßenbau , unveröff., Sieversdorf.

Ellmann, H. (2004b): Verbesserung des Hochwasserschutzes für die Ortslagen Vehlgast und Damerow. unveröff., Sieversdorf, AG LHW Genthin.Fischer, W. (1996): Die Stromtalpflanzen Brandenburgs.- in: UNTERE HAVEL – Naturkundliche Berichte – H.5 (1996).

Gohr, B.; Fischer, W.; Schulze, B.; Ellmann, H. und Steinhauer, Ch. (1999): Gutachten zur Wirkungs- und Effizienzkontrolle von Naturschutzmaßnahmen im FIB "Untere Havel und Schollener See" hinsichtlich der Vegetationsentwicklung und der Nährstoffvorräte im Boden.

Gremer, D. (1998): Renaturierungsprojekt Wurzacher Ried 1989-1993. in: Ökologie und Schutz der Hochmoore im Erzgebirge. Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt, Dresden Bd. 3, S. 80 –104.

Grube, R. (1997): Zur epigäischen Aktivität von Laufkäferlarven (Col. Carabidae) im überfluteten Deichvorland der Unteren Oder, Mitt. DgaaE. 11: 447-452.

Handke, K. Auswirkungen von Überstaumaßnahmen auf Wirbellose in der Bremer Flussmarsch – Eine Bilanz 10 jähriger Untersuchungen. Arbeitsberichte Landschaftsökologie Münster 18/1997, S. 77-112.

Hellwig, M. (1986): Auenregeneration an der Elbe. Untersuchungen zur Syndynamik und Bioindikation von Pflanzengesellschaften an der Unteren Mittelelbe bei Lenzen Dissertation Hildesheim.

Henrichfreise, A. (2003): Dienen Polder dem naturverträglichen Hochwasserschutz? Natur und Landschaft, 78. Jahrgang, Heft 4, S. 150 - 153

Katalog der Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR-luftbildgestützte Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung im Land Sachsen-Anhalt, Berichte des LAU Sachsen-Anhalt. Halle (1992) 4.

Kätzel, R. und Zander, M. (1999): Ökophysiologische und genetische Untersuchungen an Baum- und Strauchweiden im Nordostdeutschen Tiefland. Landesforstanstalt Eberswalde, Fachhochschule Eberswalde

Kieckbusch, J. J. (2003): Ökohydrologische Untersuchungen zur Wiedervernässung von Niedermooren am Beispiel der Pohnsdorfer Stauung Dissertation, Kiel.

Köppel, C. 1997. Die Großschmetterlinge der Rastatter Rheinaue: Habitatwahl sowie Überflutungstoleranz und Überlebensstrategien bei Hochwasser. 624 S. Neue Entomol. Nachrichten 39.

Larcher: Ökologie der Pflanzen, Ulmer Verlag Stuttgart, 1994.

Leipnitz, W. und Käding, H. (1996): Extensive Bewirtschaftung der Feuchtgrünlandflächen in den Poldern Niedere Laken, Kümmernitz und Vehlgast .-in: UNTERE HAVEL – Naturkundliche Berichte – H.5 (1996).

Lyr et al.: Physiologie und Ökologie der Gehölze, Fischer Verlag Jena, Stuttgart 1992

Mühle, R.-U. (2003): Tierleben – ein zoologischer Überblick zur Unteren Havelniederung. Brandenburgische Umwelt Berichte (BUB) 13 S. 82-97.

Neumann und Wolff (1998):Nachhaltige Wasserwirtschaft bei Eingriffen in das Grundwasser, Erich Schmidt Verlag Berlin.

Ochse, M. u. C. Michels (1999): Effizienzkontrolle im Feuchtgrünlandschutz. Naturschutz und Landschaftsplanung 31, (8), 1999.

Pfadenhauer, J.; Poschold, P. und Buchwald, R. (1985): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil 1. Methodik der Anlage und Aufnahme. Ber. ANL 10.: 41-60.

Richter, F. (2000):Struktur und Dynamik der flussbegleitenden Waldvegetation. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit Eschborn, TÖB Seriennummer: TÖB FTWF-19d.

Riedel und Lange (2001): Landschaftsplanung. Spektrum Akad. Verlag GmbH, Heidelberg-Berlin.

Schaffrath, J. (1996): Zur Erhaltung und Wiederentwicklung von Auwäldern im brandenburgischen Odertal. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg Heft 3, S. 22-28.

Schäller, G., Perner, J., Hirsch, G. und Hundt, I. (1995): Ökologische Studien im Großen Bruch. Naturschutz und Landwirtschaft in einem Niedermoorgebiet. Tagung 18.11.1995, Wulferstedt/Bördekreis.

Spang, W. D. (1997): Lumbriciden und terrestrische Gastropoden als Indikatoren hydrologischer Rahmenbedingungenin der Oberrheinaue. Arbeitsber. Landschaftsökologie Münster: 18: 245-262.

Späth, V. (1988): Zur Hochwassertoleranz von Auwaldbäumen, Natur und Landschaft 63 (7/8).

Steinmann, F. und Brändle, R. (1984): Auswirkungen von Halmverlusten auf den Kohlehydratstoffwechsel überfluteter Seebinsenrhizome (Schoenoplectus lacustris) - 175: 295-299.

Straßburger, E. (1983): Lehrbuch der Botanik. Fischer Verlag Stuttgart. 33. Auflage 1991.

Tesch, A. (1999): Grünlandextensivierung im Moorgürtel der Hamburger Elbmarsch.- Naturschutz und Landschaftsplanung 31, (11) 1999.

Wessolek (1992): in: Neumann und Wolff (1998):Nachhaltige Wasserwirtschaft bei Eingriffen in das Grundwasser, Erich Schmidt Verlag Berlin.

Westhus, W. (1986): Beobachtungen zur Überflutungstoleranz von Gehölzen und daraus abgeleitete Pflanzvorschläge - Hercynia NF 23: 346-353.

Zimmerling, B., G. Adolf u. S. Schäfer (1999): Renaturierung geschädigter Grünlandvegetation.- Naturschutz und Landschaftsplanung 31, (3), 1999.

Kapitel 5: Schadenpotentiale in der Landwirtschaft

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2004): Gesetzentwurf zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. In der Fassung des Kabinettbeschlusses vom 03. März 2004, Berlin.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1985): Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzwirkungen. Arbeitsmaterialien zum methodischen Vorgehen. DVWK Mitteilungen 10, Bonn.

ISW (Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung Halle – Leipzig) (2003): Regionales Entwicklungskonzept „Untere Havel". Endbericht. Halle.

Köhne, M. (2000): Landwirtschaftliche Taxationslehre. 3., neubearb. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin.

KNÖSCHE, R. (2002): Gutachten über die Ursachen und Auswirkungen des Sauerstoffmangels in der Unteren Havel und im Gülper See sowie über die vorgesehenen Regenerierungsmaßnahmen und Entschädigungsmodalitäten. Institut für Binnenfischerei, Potsdam Sacrow, 11.11.2002

Kröcker, W. (2003): Ausgewählte Betriebsdaten für den Havelbereich Sachsen-Anhalts. GUBB Unternehmensberatung Halle, Hettstedt, 25.08.2003.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (1992): Landschaftspflege. Daten zur Kalkulation von Arbeitszeit und Maschinenkosten. 2. Aufl.. Darmstadt.

LVL (Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft) (2001): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. In: Schriftenreihe des LVL, Bd. II, Teltow/Ruhlsdorf.

LVL (Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft) (1998-2003): Wirtschaftsergebnisse landwirtschaftlicher Unternehmen - Testbetriebsergebnisse (lfd. Auswertungen). Teltow/Ruhlsdorf.

Merkel, U., M. Helms, B. Büchele, J. Ihringer und F. Nestmann (2002): Wirksamkeit von Deichrückverlegungsmaßnahmen auf die Abflussverhältnisse entlang der Elbe. In: Morphodynamik der Elbe. Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, S. 231-244.

MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg) (2003): Antrags- und Bewilligungsunterlagen des Bund-Länder-Programms für Soforthilfen zugunsten der von den Hochwasserschäden 2002 betroffenen land- und forstwirtschaftlichen Betrieben (unveröffentlicht). Potsdam

Neubert, G. (2003): Auswirkungen der Einstellung des Ackerbaus bzw. der eingeschränkten Ackernutzung in Überschwemmungsgebieten des Landes Brandenburg gemäß Gesetzentwurf zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Positionspapier. Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Teltow/Ruhlsdorf.

Neubert, G. und R. Thiel (2002): Sozioökonomische Betroffenheit der Landwirtschaft infolge einer Auenregeneration durch Deichrückverlegung. In: Dehnhardt, A. und J. Meyerhoff (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungsauen. Reihe: Agrarökonomische Monographien und Sammelwerke, Wissenschaftsverlag Vauk Kiel, S. 89-118, Kiel.

Neubert, G., R. Thiel, P. Zube, B. Niendorf, A. Dörr und H. Pester (2003): Sozioökonomische Betroffenheit der Landwirtschaft durch Deichrückverlegung und Auenregeneration und betriebliche Anpassungsmöglichkeiten. In: Deutscher Grünlandverband, Heft 2, Berlin.

Thiel, R. (2004): Ökonomische Auswirkungen von Maßnahmen des Wasser- und Stoffrückhaltes im Elbeeinzugsgebiet Brandenburgs. Verlag im Internet. dissertation.de Berlin.

ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle) (2000): Bodenmarkt. Neue Bundesländer. Sonderdruck zum Wochenbericht Ost. Berlin.

Kapitel 6: Schadenpotentialanalyse für die Unterlieger

ATKIS 2004: www.atkis.de

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten BMELF (1990): Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste – Modellgebiet Wesermarsch – Untersuchungsbericht.

Institut für Wasserwirtschaft und Kulturbau IWK der Universität Karlsruhe (1999): Auswertung der HOWAS Datenbank, unveröffentlicht.
Landesvermessungsamt Brandenburg LVA (1997): ATKIS-Objetartenkatalog für das DLM 25/2 der Länder Brandenburg und Berlin.
Kleeberg, H.B., Niekamp, C. (1998): Howas_n Benutzerhandbuch. Institut für angewandte Wasserwirtschaft, Universität der Bundeswehr, Neubiberg.
Köln, Amt für Stadtentwässerung (1998): Ermittlung der Hochwasserschadenpotentiale in den überflutungsgefährdeten Gebieten der Stadt Köln. Unveröffentlicht.
Maniak, U.: (2001): Wasserwirtschaft. Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben. 1. Auflage; Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2001.
Merz, B. und M. Gocht (2003): Karten für die Hochwasservorsorge und das Risikomanagement auf der lokalen Skala. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 47. H5, S186-194.
Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) des Landes NRW (2000): Hochwasserschadenpotentiale am Rhein in NRW. Unveröffentlicht.
Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) (2003): Leitfaden Hochwassergefahrenkarten.
Smith, K.; Ward, R. (1998): Floods: Physical Processes and Human Impact. John Wiley & Sons, Chichester
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (1999): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Kapitalstock und Anlagevermögensgrößen von 1970 bis 1997
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2002), 1: Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern und Ost-West-Großraumregionen Deutschlands 1991 bis 2002
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2002), 2: Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen Deutschlands 1992 und 1994 bis 2001

Kapitel 7: Ökonomische Betrachtung

Brealey, R.A., Myers, S.C. (2000): Principles of Corporate Finance. 6. Ed., Irwin McGraw-Hill.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1981): Grundzüge der Nutzen-Kosten-Untersuchung. 1. Auflage, Bremen.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1998): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen. 6. Auflage; Kulturbuchverlag Berlin.

PGS (2004): Vorplanung Oder-Retentionsflächen Deichneubau und Deichrekonstruktion Neuzeller Niederung. Planungsgesellschaft Dr. Scholz mbH im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
Swaney, J.A. (1997): The Basic Economics of Risk Analysis. In: Molak V, (Hrsg.): Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. 1. Auflage, CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo.

Kapitel 8: Handlungsoptionen

Bálint, G. et al. (2004): Attenuation of Large River Floods by Detention Areas: Examples of Flood Mitigation Efficiency and Side Effects from the Tisza and Elbe Rivers in Central Europa. Journal of River Basin Management. To be submitted.
Bernhard, H.-H. (2003): Naturverträglicher Hochwasserschutz – Wasserbauliche Aspekte. Natur & Landschaft 78/4, S. 138-142.
BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2004): Gesetzentwurf zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. In der Fassung des Kabinettbeschlusses vom 03. März 2004, Berlin.

Kapitel 9: Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick

MEYERHOFF (1999): Ökonomische Bewertung ökologischer Leistungen. Studie im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde.

Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder

Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel"

Projektpartner:

Universität Potsdam, Institut für Geoökologie

Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg

Ingenieurbüro Ellmann&Schulze GbR

Ingenieurbüro Water&Finance, Dipl.-Ing. Martin Gocht, MBA

Landesumweltamt Brandenburg (Projektbegleitung)

Wissenschaftliche Projektleitung:

Prof. Dr. Axel Bronstert

Universität Potsdam, Institut für Geoökologie, Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie

axelbron@rz.uni-potsdam.de

Projektlaufzeit:

01.02.2003 – 31.01.2004

Autoren / Beteiligte:

Bronstert, Axel, Prof. Dr.: Universität Potsdam, Institut für Geoökologie

Ellmann, Holger, Dipl.-Ing.: Ingenieurbüro Ellmann/Schulze GbR

Förster, Saskia, Dipl.-Geoökol.: Universität Potsdam, Institut für Geoökologie

Gocht, Martin, Dipl.-Ing. MBA: Ingenieurbüro Water&Finance

Kneis, David, Dipl.-Geoökol.: Universität Potsdam, Institut für Geoökologie

Martin, Jens, Dipl.-Ing.: Landesumweltamt Brandenburg

Neubert, Gert, Dr.: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg

Sauer, Werner, Dipl.-Phys.: Landesumweltamt Brandenburg

Schulze, Burkhard, Dr.: Ingenieurbüro Ellmann/Schulze GbR

Thiel, Ronald, Dr.: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg

Auf Anfrage beim Institut für Geoökologie der Universität Potsdam ist der Bericht mit vollständigen Anlagen und Kartenanhang auf CD-ROM erhältlich.

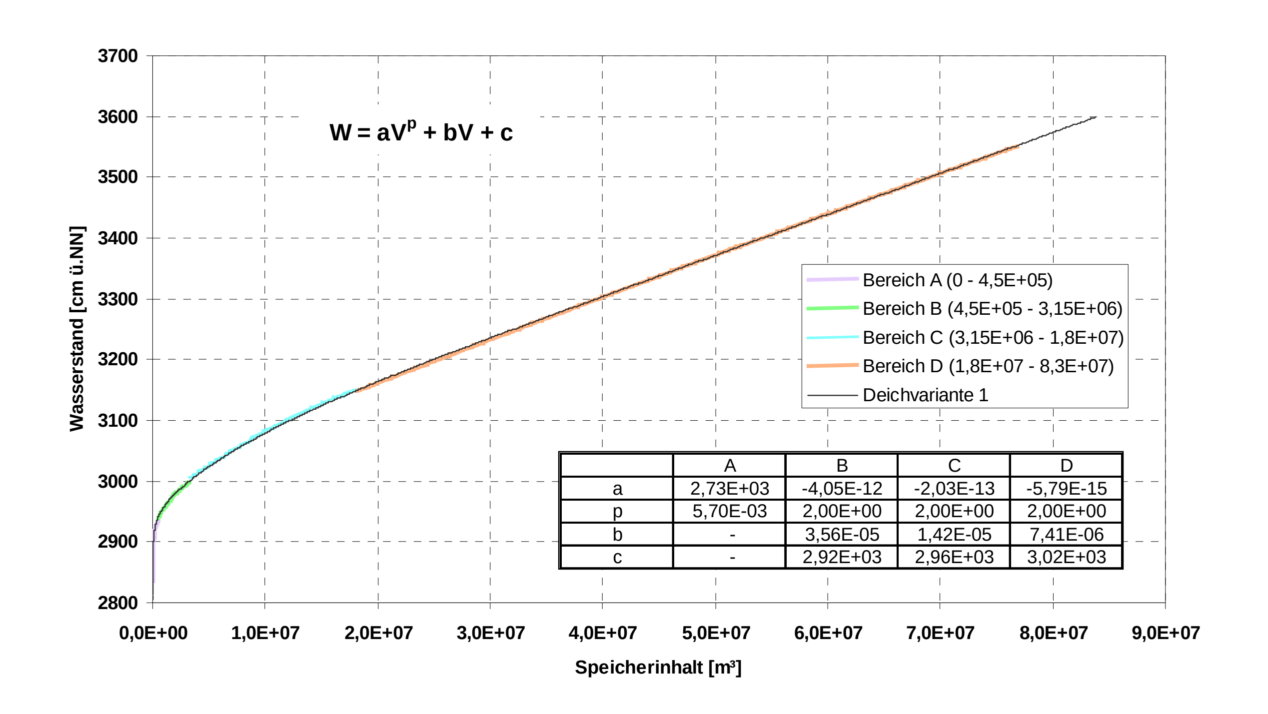
Brandenburgische Umwelt-Berichte
Heft 15 Jahrgang 2004

Kartenmaterial

Kartenteil	1	Karte 1.1	bis	Karte 1.2
		Karte 3.1	bis	Karte 3.40
Kartenteil	2	Karte 4.1 a	bis	4.1 h
		Karte 4.2 a	bis	4.2 h
		Karte 4.3 a	bis	4.3 h
		Karte 4.4 a	bis	4.4 h
Kartenteil	3	Karte 4.5 a	bis	4.5 h
		Karte 4.6 a	bis	4.6 h
		Karte 4.7 a	bis	4.7 h
		Karte 4.8 a	bis	4.8 h
		Karte 4.9 a	bis	4.9 g
		Karte		4.10 h
		Karte		4.11 h
		Karte		4.12 h
		Karte		7.1
		Karte		7.2
		Karte		3.7

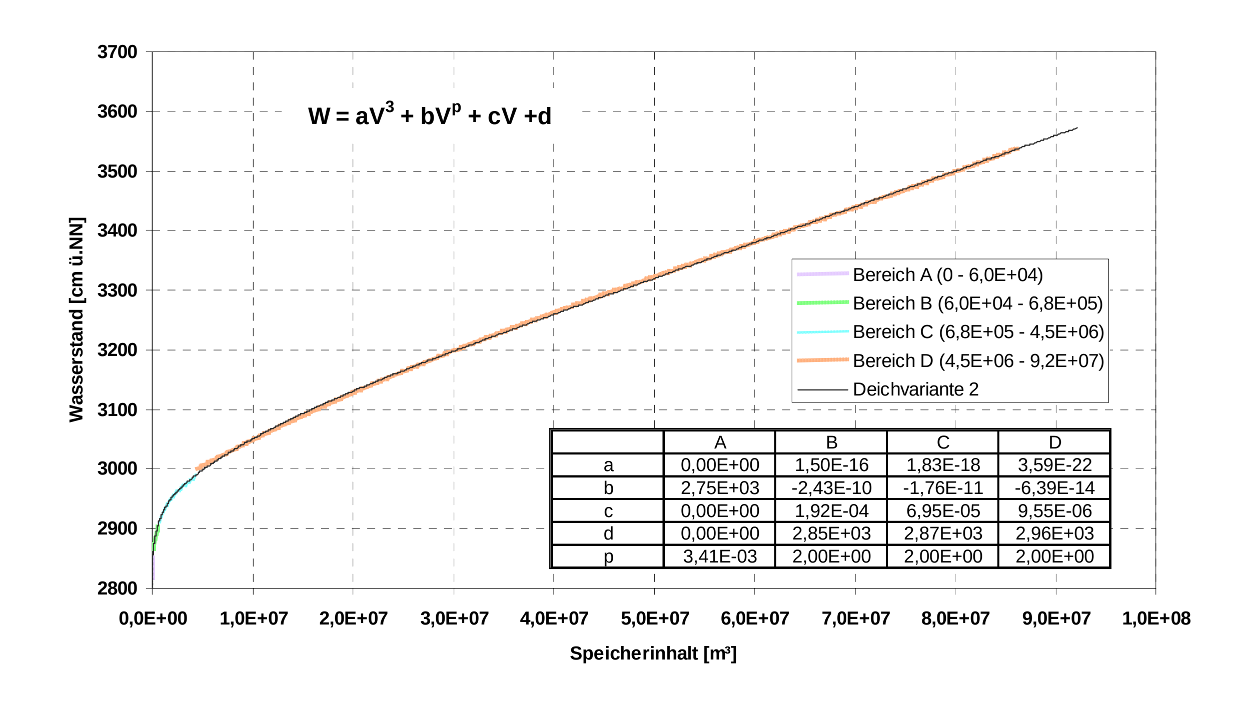
Anlagen

Anlage 3.1: Regressionsbeziehungen für die Speicherinhaltskurve der Deichvariante 1



	A	B	C	D
a	2,73E+03	-4,05E-12	-2,03E-13	-5,79E-15
p	5,70E-03	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00
b	-	3,56E-05	1,42E-05	7,41E-06
c	-	2,92E+03	2,96E+03	3,02E+03

Anlage 3.2: Regressionsbeziehungen für die Speicherinhaltskurve der Deichvariante 2



	A	B	C	D
a	0,00E+00	1,50E-16	1,83E-18	3,59E-22
b	2,75E+03	-2,43E-10	-1,76E-11	-6,39E-14
c	0,00E+00	1,92E-04	6,95E-05	9,55E-06
d	0,00E+00	2,85E+03	2,87E+03	2,96E+03
p	3,41E-03	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00

Anlage 4.1: Beschreibung der Biotoptypen[37]

Gewässer

Fließgewässer

Fließgewässer sind linienförmige, natürliche und künstliche Gewässer, die ständig oder zeitweise wassergefüllt sind und eine erkennbare Fließrichtung aufweisen. Schwimmblattgesellschaften, Röhrichte und Verlandungszonen der Ufer aller Gewässer sind stets Geschützte Biotope nach § BbgNatSchg.

Quellen und Quellfluren

Quellen sind natürliche, örtlich begrenzte Grundwasseraustritte an der Erdoberfläche, die dauerhaft oder periodisch Wasser führen können. Zum Biotop Quelle gehören auch die sich anschließenden Quellbäche bis etwa 100 m Entfernung von der Quelle und die quellwasserbeeinflusste Vegetation der unmittelbaren Umgebung. Quellbiotope sind in Brandenburg stark gefährdet und generell als Geschützte Biotope zu betrachten.

Bäche und kleine Flüsse

Dieser Biotoptyp umfasst natürliche Fließgewässer mit meist mäßiger, selten auch stärkerer Strömung und einer häufig geringen Breite. Bäche und Flüsse stehen oft in engem Kontakt mit bachbegleitenden und anderen wertvollen Biotopen. Feuchte Hochstaudenfluren begleiten viele Bachläufe. Bei Nutzung der Umgebung eines Baches treten als Begleitbiotope verschiedene Gesellschaften der Feuchtwiesen, der Großseggenriede, oder Wirtschaftswiesen in Erscheinung. Bäche und kleine Flüsse der Niederung werden dagegen von Erlenbruchwäldern oder von Weichholzauenwäldern begleitet. Begleitende Biotope sind auch Auwälder und Bruchwälder. Naturnahe Bäche und Flüsse sind in Brandenburg stark gefährdet und sind Geschützte Biotope ausgewiesen.

Flüsse und Ströme

Es handelt sich hier um natürliche Gewässer mit geringer Strömung und größerer Breite (> 5 m) Weite Teile der Flusslandschaften sind vom Menschen seit Jahrhunderten nachhaltig in ihrem Wasser- und Naturhaushalt beeinflusst worden. Ein wesentliches Element natürlicher Flusslandschaften bilden die Altarme. Die ursprüngliche Begleitvegetation der Flüsse bestand aus Pappeln-Weiden-Weichholz- Auenwälder. Bei den Hartholz- Auenwälder stellen kleinere Eichengruppen in den Flußauen den Rest einstiger ausgedehnter Stieleichen- Ulmen- Hartholz- Auenwälder dar. Entlang sehr langsam fließender Flüsse treten Erlenbruchwälder als Begleitbiotope auf. Flüsse werden oft auch von Hochstaudenfluren begleitet. Feuchtwiesen, Großseggenriede und Wirtschaftswiesen sind ebenfalls entlang der Flüsse in der Kulturlandschaft anzutreffen. Insbesondere Feuchtweiden und Flutrasen sowie nitrophile Staudengesellschaften nasser Standorte sind in Flusslandschaften allgegenwärtig.

Flüsse mit naturnahem Verlauf und unbefestigtem Ufer gehören zu den besonders gefährdeten Biotopen.

Kanäle

Kanäle sind künstliche Gewässer ohne oder mit geringer Strömung, größerer Breite (> 5m) und mehr oder weniger befestigten Ufern. Als wertvolle Biotope haben sie in der Regel keine Bedeutung. Ihre Tier- und Pflanzenwelt ist meist sehr artenarm und da überwiegend Flachwasserbereiche sowie natürliche Uferzonen fehlen, bilden sich nur vereinzelt kleinflächige Röhrichtbestände aus. Ältere, heute nicht oder nur selten genutzte Kanäle können naturnahen Flüssen im Biotopwert sehr ähnlich sein und durch das Vorkommen gefährdeter Arten als Lebensraum an Bedeutung gewinnen. Ein genereller gesetzlicher Schutz besteht jedoch nicht.

Standgewässer

[37] Die Beschreibung der Biotoptypen orientiert sich stark am Biotoptypenschlüssel Brandenburgs. An einigen Stellen wurde der Katalog der Biotop- und Nutzungstypen von Sachsen-Anhalt ergänzend eingearbeitet.

Unter dieser Biotopklasse werden flächenförmige, natürliche und künstliche Gewässer zusammengefasst, die ständig oder zeitweise mit Wasser gefüllt sind und keine erkennbare Fließrichtung aufwiesen. Schwimmblattgesellschaften, Röhricht und Verlandungszonen der Ufer sind geschützte Biotope nach § 26.

Seen

Seen sind natürlich entstandene, ausdauernde Gewässer mit einer Fläche von > 1ha, größerer Tiefe (>5m) und sehr unterschiedlicher Trophiesituation. Je nach Ausbildung der Ufer werden natürliche Stillgewässer von mehr oder weniger breiten Röhrichten begleitet. Während nährstoffarme Seen je nach Kalkgehalt meist nur sehr schütteres Röhricht aus Schilf oder Binsenschneide aufweisen, sind insbesondere eutrophe Seen mit flachen Uferbereichen von ausgedehnten Röhrichten verschiedener Gesellschaften gesäumt. Mit zunehmendem Nährstoffreichtum tritt eine starke Artenverarmung der Röhrichte ein.

Brandenburg zählt zu den sennreichsten Bundesländern, dennoch sind insbesondere nährstoffarme und mäßig nährstoffreiche Seen durch Eutrophierung stark gefährdet, sie sind daher immer als besonders wertvoll einzustufen. Es liegt leider kein genereller Schutz dieser Gewässertypen nach §26 vor. Röhrichte, Schwimmblattzonen und Verlandungszonen der Ufer sind dagegen generell nach §26 geschützt.

Altarme von Fließgewässern

Altarme charakterisieren sich als abgeschnittene, ehemalige Fließgewässerschleifen. Sie werden zusammen mit den Flachseen und Weihern erfasst, da sie einander in Bezug auf vorhandene Vegetationseinheiten und vorkommenden Tier- und Pflanzenarten weitgehend gleichen. Altarme von Fließgewässern gelten als gefährdet und sind generell Geschützte Biotope nach §26.

Kleingewässer

Kleingewässer sind natürliche (oder naturnahe anthropogen entstandene) ausdauernde Gewässer mit einet Größe < 1 ha, meist geringerer Tiefe und unterschiedlicher Trophie. Zu diesem Biotoptyp gehören somit alle mehr oder weniger ständig wasserführende Sölle, Pfuhle, Kolke, Tümpel und sonstige kleine Stillgewässer, die sich weder den Seen (Größe!) noch einen anderen Biotoptyp zuordnen lassen. Je nach Art und Intensität der Nutzung der angrenzenden Flächen haben sich nicht selten äußerst wertvolle Biotope mit typischen Arten entwickelt. In der Regel handelt es dabei um so genannte „Inselbiotope“. Die umgebenen Flächen gehören oft völlig anderen Biotoptypen an, unterliegen anderen Nutzungen und machen einen Austausch für verschiedene Artengruppen aufgrund der Entfernungen zu anderen Kleingewässern oft schwer möglich.

Kleingewässer weisen keine eigenständigen Vegetationseinheiten auf, die eine Abgrenzung zu anderen Kleingewässern zulassen. Ackersölle haben meist deutlich durch den Nährstoffeintrag aus den Ackerflächen geprägte, ruderale Staudensäume. In Flachwassern- und Uferbereichen sind nicht selten fragmentarisch Flutrasen ausgebildet.

Kleingewässer unterliegen als gefährdete Biotope unabhängig von ihrer Entstehung, Ausprägung oder Wasserqualität generell dem Schutz des §26 BbgNatSchG. Davon sind auch die aufgrund der langjährigen Niederschlagsdefizite ausgetrockneten Kleingewässer nicht ausgeschlossen.

Staugewässer/Kleinspeicher

Staugewässer sind künstliche, ablassbare Gewässer mit einer Tiefe > 5m und größerer Fläche. Die Vegetation ist in der Regel je nach Trophie wie bei natürlichen Stillgewässern ausgebildet. Staugewässer unterliegen keinem generellen Schutz. Da sie jedoch bei entsprechendem Alter und günstiger Ufergestaltung in ihrem Biotopwert natürlichen Seen sehr nahe kommen können, erlangen sie mitunter einen Schutzwert.

Teiche

Teiche sind künstliche, ablassbare Gewässer mit geringer Tiefe (< 5m), die in der Regel bis zum Grund belichtet werden, der somit von höheren Pflanzen besiedelt werden kann. Verlandungsvegetation und Röhrichte an Teichen weisen keine wesentlichen Unterschiede zu denen der Seen

auf. Fast immer handelt es sich jedoch um Glieder der eutrophen Verlandungsserie. Teiche unterliegen nicht dem Schutz des § 26 BbgNatSchG.

Krautige Vegetation (Gras- und Staudenfluren)

In dieser Biotopklasse werden alle gehölzfreien oder gehölzarmen (Deckungsgrad der Gehölze < 10 %), von Gräsern und/oder Stauden beherrschte Flächen auf Moor- oder Mineralbodenstandorten aller Feuchtigkeitsstufen zusammengefasst. Die Kartiereinheit „Krautige Vegetation“ umfasst laut dem Bestimmungsschlüssel von Sachsen-Anhalt alle Grasfluren, Staudenfluren, Heiden, Moore, die maximal zu 75 % verbuscht sein können.

Feuchtwiesen und Feuchtweiden

Unter Feuchtwiesen und Feuchtweiden ist von Gräsern beherrschtes, gemähtes oder beweidetes Dauergrünland ständig nasser bis feuchter, meist in Niederungen gelegener Standorte zu verstehen (Feuchtgrünland). Je nach Nutzungsintensität und ausgebrachten Düngermengen kann Feuchtgrünland sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Extensiv genutztes, gemähtes oder beweidetes Feuchtgrünland zeichnet sich durch eine hohe Artenvielfalt aus. Je nach Ausprägung sind verschiedene Blühaspekte dieser artenreichen Wiesen zu beobachten.

Frischwiesen und Frischweiden

Wertvolle Feuchtgrünland-Bestände sind selbst in den ausgedehnten Niederungsgebieten Brandenburgs meist nur sehr kleinflächig ausgebildet. In der Regel finden sich die wertvollsten Feuchtwiesen in unmittelbaren Ortsrandlagen, wo bis heute oder wenigstens bis vor wenigen Jahren noch eine regelmäßige Nutzung stattfand. Bei Nutzungsauflassung bleibt der Artenreichtum oft über viele Jahre erhalten, wobei jedoch nach und nach Hochstauden die kurzwüchsigen und oft konkurrenzschwachen Arten regelmäßig genutzter Wiesen verdrängen.

Feuchtwiesen gehören zu den gefährdeten Biotopen Brandenburgs und sind unabhängig von ihrem gegenwärtigen Zustand als Geschützte Biotope nach § 32 zu werden.

Wechselfeuchtes Auengrünland

Unter diesem Biotop sind mäßig gedüngte, durch regelmäßige Mahd oder Beweidung bewirtschaftete Wiesen wechselfeuchter Standorte in größeren Flußauen zu verstehen. Diese Flächen sind durch mehr oder weniger regelmäßige, jahreszeitlich bedingte Überflutungen und trockenere Perioden gekennzeichnet. Durch die Überflutungen wird Auengrünland periodisch mit Nährstoffen versorgt, so dass es sich um relativ nährstoffreiche Standorte handelt.

Im Auengrünland sind kaum eigenständige Vegetationseinheiten vorhanden. Zumeist handelt es sich (je nach Nutzungsart und –intensität) um eintönige, von wenigen Grasarten dominierte Feuchtgrünlandbestände, bei extensiver Nutzung können auch artenreiche Feuchtwiesen vorhanden sein.

Auengrünland hat zwar eine meist relativ geringe botanische Bedeutung, bietet jedoch einigen charakteristischen Vogelarten einen Lebensraum. Von besonderer Bedeutung sind Flußauen als Rastplätze für Zugvögel und verdienen daher einen Schutz. Ein genereller gesetzlicher Schutz besteht nicht.

Feuchtweiden

Feuchtweiden sind mehr oder weniger regelmäßig beweidete und gedüngte Weiden feuchter bis nasser Standorte. Sie sind in Brandenburg vor allem in ausgedehnten Niederungsbereichen der Flachlandflüsse mit ganzjährig hohem Grundwasserstand oder auf intensiv beweideten, gering entwässerten Niedermoorstandorten zu finden.

Feuchtweiden sind in Brandenburg nicht gefährdet und sind keine geschützten Biotope. Dennoch besitzen sie mitunter großen Wert aus ornithologischer Sicht und können somit schutzwürdig sein. Schwierigkeiten können vereinzelt bei der Abgrenzung zu Fischwiesen und -weiden auftreten.

Flutrasen

Flutrasen kommen als meist sehr kleinflächige, flutende Bestände verschiedener Grasarten in Randbereichen stehender oder fließender Gewässer oder in den Senken periodisch überschwemmter Auengrünlandbereiche vor. Es handelt sich dabei zumeist um artenarme Bestände.

Frischwiesen und Frischweiden

Zu diesem Biotop zählt von Gräsern beherrschtes, extensiv genutztes, gemähtes oder beweidetes Dauergrünland frischer Standorte.

Frischweiden sind kurzrasige, regelmäßig beweidete und gedüngte Rasen frischer Standorte. Bei nicht zu intensiver Bewirtschaftung (geringer Viehbesatz können Frischweiden durchaus den Artenreichtum gemähter Fischwiesen erlangen. Besonders artenreiche Ausbildungen dieser Weide-Grünlandgesellschaft entstehen bei einem regelmäßigen Wechsel von Mäh- und Weidenutzung bei nicht zu geringer Düngergabe.

Frischwiesen sind regelmäßig gemähte und (mäßig) gedüngte Rasen frischer Standorte, die sich von Feuchtwiesen in der Regel durch die Dominanz bestimmter Süßgräser (z. B. Arrhenatherum elytius) und die sowohl in Hinsicht auf die Artenzahl als auch auf den Deckungsgrad weniger in Erscheinung tretender Sauergräser (Seggen, Binsen) unterscheiden. Regelmäßig bewirtschaftete und nicht zu stark gedüngte Frischwiesen können jedoch nach den Feuchtwiesen verschiedener Ausprägung zu den artenreichsten Grünlandbiotopen gerechnet werden. In ausgedehnten Grünlandbereichen mit Niveauunterschieden ist oft ein mosaikartiger Wechsel zwischen reichen und seltener armen Feuchtwiesen, Streuwiesen (Großseggenwiesen) und Frischwiesen zu beobachten. Der enorme Artenreichtum derartiger, nicht einheitlich genutzter Grünlandbereiche macht sie wertvollen Biotopkomplexen.

Frischwiesen unterliegen an sich nicht dem Schutz des § 32 BbgNatSchG. Da sie aber oft in mosaikartigen Komplexen mit geschützten Grünlandbiotopen anzutreffen sind, können sie als Biotopkomplexe gesetzlichen Schutz erlangen oder sind zumindest als wertvolle Biotope und somit als schutzwürdig einzustufen.

Aufgelassenes Grasland

Unter diesem Biotop sind brachliegende, früher durch Mahd oder Weide genutzte Grünlandflächen auf Standorten unterschiedlicher Bodenfeuchte zu kartieren, die sich nicht mehr eindeutig anderen Biotoptypen (Streuwiesen, Feuchtwiesen, Trockenrasen, Hochstaudenfluren) zuordnen lassen. Es handelt sich hierbei nicht selten um Biotopkomplexe, die sich aus Mosaiken von mit Gehölzen durchsetzten stauden- und rasreichen Sukzessionsstadien verschiedener Pflanzengesellschaften und mehr oder weniger gehölzfreier Flächen zusammensetzen.

Staudenfluren und -säume

Unter diesem Biotop werden von Stauden beherrschte Flächen unterschiedlicher Standorte zusammengefasst, die nicht oder nur sehr unregelmäßig genutzt werden.

Intensivgrasland

Beweidetes oder gemähtes Intensivgrasland (Saatgrasland) feuchter bis frischer Standorte ist durch die Dominanz einzelner oder weniger Süßgras-Arten gekennzeichnet. Durch periodischen Umbruch der Flächen und Einsaat von Futtergräsern werden krautige Pflanzenarten weitgehend zurückgedrängt und sind kaum am Bestandsaufbau beteiligt. Bei der Auflassung dieser Flächen nimmt die Artenzahl rasch zu und es können wertvollere Biotope entstehen.

Gehölze (Laubgebüsche, Feldgehölze, Alleen und Baumreihen)

Diese Biotopklasse beinhaltet alle außerhalb geschlossener Wälder liegende, baum- und gebüschbestandenen Flächen oder Linienstrukturen. Dazu sind sowohl alle Feldgehölze als auch Restwaldflächen mit einer Größe unter 1 ha zu rechnen, sofern sie sich nicht eindeutig bestimmten Wald- oder Forstbiotoptypen zuzuordnen lassen. Im Biotopschlüssel von Sachsen- Anhalt sind als Gehölz alle Gehölzstrukturen die eine Fläche < 2 ha bedecken oder linienhaft ausgebildet sind, definiert. Gebüsche sind ebenfalls, auch wenn sie eine Fläche > 2 ha bedecken, in dieser Kartiereinheit erfasst.

Flächige Laubgebüsche

Von Laubsträuchern geprägte, flächenhafte Gebüsche unterschiedlicher Standorte.

Weidengebüsche nasser Standorte

Sümpfe, verlandete Kleingewässer, feuchte Bodensenken und flache Uferrandbereiche werden oft von Gebüschen aus verschiedenen Strauchweiden eingenommen. Pflanzensoziologisch sind sie vor allem der Klasse Seggen-Grauweiden-Gebüsche, z. T. auch (Strauchweiden-Ufergebüsche) zuzuordnen. Nach § 32 handelt es sich in jedem Falle um einen geschützten Biotop.

Feldgehölze

Als Feldgehölze werden von Bäumen geprägte, flächenhafte Gehölze bezeichnet, die meist isoliert in der offenen Landflur liegen. Sie gehören in der ausgeräumten Agrarlandschaft zu den wenigen Strukturelementen und bieten einer artenreichen Vogelwelt Lebensraum. Feldgehölze lassen sich kaum nach pflanzensoziologischen Kriterien fassen. Oft handelt es sich um kleinste Restwälder ehemals zusammenhängender Waldflächen, die hier aufgrund der für die Landwirtschaft ungünstigen Bodenverhältnisse (feuchte Senken, Lesesteinsammlungen, starke Hangneigung usw.) erhalten blieben. In diesen „Restwäldern" dominieren unter den Gehölzen in der Regel heimische Bäume und Sträucher.

Nicht selten bestehen Feldgehölze jedoch auch aus völlig naturfernen Gehölzbeständen. Als Begleitarten finden sich an den Rändern oft verschiedene Straucharten ein, die wesentlich zum Biotopwert beitragen.

Hecken

Unter diesem Biotoptyp werden alle streifenförmigen Feldgehölze mit einer Breite unter 20 m zusammengefasst. Streifenförmige Feldgehölze weisen keine charakteristischen Pflanzengesellschaften auf. Sehr häufig treten Arten nitrophiler Saumgesellschaften auf. Die größte Bedeutung besitzen sie für zahlreiche heckenbrütende Vogelarten und verschiedene Insekten. Sie sind oft die einzigen Strukturelemente in ausgeräumten Agrarlandschaften.

Baumreihen

Alleen und Baumreihen sind linienförmige Baumbestände ohne oder mit Strauchschicht, die ein- oder beidseitig entlang von Strassen und Wegen verlaufen. Baumreihen können auch entlang von Gemarkungsgrenzen, Gewässern oder anderen Linienstrukturen oder als monotone Windschutzpflanzungen (zumeist Pappeln) in der freien Feldflur verlaufen.

Alleen und Baumreihen besitzen zwar als Lebensraum nur für relativ wenige Arten eine besondere Bedeutung, stellen aber ein für Brandenburg besonders typisches und erhaltenswertes Landschaftselement dar. Alleen prägen noch viele Landschaften Brandenburgs und sind durch Straßenbaumaßnahmen nicht selten in höchstem Maße gefährdet. Ihr genereller Schutz ist daher im § 31 BbgNatSchG festgehalten.

Baumgruppe

Einzeln stehende Bäume oder kleinere Baumgruppen sind wertvolle Kleinstrukturen unserer Landschaft. Nicht selten besitzen derartige Bäume oder Baumgruppen ein hohes Alter und sind daher von kulturellem Wert.

Sie unterliegen nicht dem Schutz des Naturschutzgesetzes und sind bestenfalls als Naturdenkmale oder mit Gräbern und Wallanlagen zusammen als Bodendenkmale geschützt.

Streuobstwiese

Unter Streuobstwiesen sind flächige Bestände überwiegend hochstämmiger Obstbäume mit meist grünlandartigem Unterwuchs zu verstehen, die in der Regel gemäht oder beweidet werden. Sie gehörten zwar nicht zu den typischen Landschaftselementen Brandenburgs, sind aber weitaus häufiger als angenommen. Streuobstwiesen stellen einen reichhaltigen Lebensraum dar, da sie charakteristische Strukturmerkmale sowohl von gehölzgeprägten als auch von Grünlandbiotopen in sich vereinen. Streuobstwiesen sind nach § 32 BbgNatSchG geschützt.

Wälder (und Forsten)

Unter Wäldern und Forsten werden hier mehr oder weniger geschlossene, von Bäumen beherrschte Gehölzbestände mit einer Größe von über 1 ha verstanden.

Echte Urwälder, die zu keiner Zeit einer menschlichen Bewirtschaftung unterlagen, gibt es in Mitteleuropa heute kaum noch. In Sachsen- Anhalt sind alle nicht linienhaften, geschlossenen Baumbestände > 2 ha als Wald anzusehen. Kleinere, lockere oder linienhafte Bestände werden unter GEHÖLZ aufgeführt mit Ausnahme linienhafter Beständen der Erlen-Eschen- und Erlen- Bachwälder entlang kleineren Flüssen und Bächen. Die Einordung der Struktureinheiten erfolgt nach der Dominanz der Baumarten, wobei Mischbestände ab 10 % Anteil zusätzlicher Baumarten definiert sind. Bei Mischwald ist die Haupt- und Nebenbaumart angegeben, unabhängig ob Laub- oder Nadelbaumart als Hauptart fungiert. Baumgruppen, die eine Fläche < 2 ha aufweisen und innerhalb geschlossener Waldbestände wachsen, sind ebenfalls als Wald kartiert (z.B. Altholzinseln).

Moor- und Bruchwälder

Hier werden alle Wälder auf sehr nassen, anmoorigen bis moorigen Standorten unterschiedlicher Trophie zusammengefasst, die von unterschiedlichen Baumarten geprägt werden können.

Alle Moor- und Bruchwälder sind nach § 32 BbgNatSchG geschützt.

Rodungen und frische Wiederaufforstung

Interessante Pflanzenbestände mit charakteristischen, jedoch meist nur wenige Jahre vorhandenen Pflanzengesellschaften können sich auf Kahlschlägen ausbilden. Hier erfolgt sehr schnell die Besiedlung mit so genannten Schlagfluren.

Stets sind in diesen Schlagfluren noch einige Arten der Bodenvegetation der vorangegangenen Wald- oder Forstgesellschaften am Bestandsaufbau beteiligt.

Vorwälder

Auf gerodeten oder künstlich offen gehaltenen Flächen entstehen im Verlauf der „natürlichen" Sukzession so genannte Vorwälder. In Abhängigkeit von den Standortverhältnissen, der vorangegangenen Wald- und Forstgesellschaft sowie benachbarte Beständen können diese Vorwälder sehr unterschiedlich gestaltet sein. In der Regel dominieren jedoch die für die jeweiligen Standorte typischen Pioniergehölze in unterschiedlichen Mengenanteilen. Neben fragmentarisch vorhandenen Trockenrasengesellschaften sind vor allem Ruderalgesellschaften am Aufbau der meist lückigen Bodenvegetation beteiligt. Auf feuchteren Standorten erscheinen Elemente der verschiedensten, für den jeweiligen Standort typischen Pflanzengesellschaften.

Als Vorwaldstadien im Sinne dieses Biotoptyps sind nur Gehölz-Sukzessionsstadien auf vorher mehr oder weniger gehölzfreien Flächen zu verstehen.

Die der jeweiligen potentiellen natürlichen Vegetation entsprechenden Vorwälder im beschriebenen Sinne sind als natürliche Bestockungen zu werten und somit geschützte Biotope nach § 32 BbgNatSchG.

Laubwälder

Hier werden nur Laubwälder kartiert, die zwar eine Baumartenzusammensetzung aus heimischen Arten und eine naturnahe Bodenvegetation aufweisen, jedoch nicht der am jeweiligen Standort natürlicherweise vorkommenden Waldgesellschaft entsprechen. Diese Bestände sind zwar wesentlich wertvoller als naturferne Forsten, lassen sich jedoch nicht oder nur sehr bedingt natürlichen Waldgesellschaften zuordnen.

Hier eingeordnete Bestände unterliegen nicht dem Schutz des § 32 BbgNatSchG.

Laubmischwald

Forsten

Den Biotopgruppen sind ausschließlich naturferne Forstkulturen zuzuordnen. Sofern Forsten in Bestandsaufbau, Baumartenzusammensetzung und Bodenflora weitgehend natürlichen Waldgesellschaften entsprechen, sind sie unter 081 und 082 einzuordnen.

Die naturfernen Forsten werden hier in Laubholzforsten, Nadelholzforsten und Mischbestände gegliedert. Neben der Ansprache der Hauptbaumarten in den weit verbreiteten Monokulturen ist auch die Angabe je einer Nebenbaumart möglich. Nebenbaumarten und Mischbaumarten müssen mit mindestens 30 % am Bestandsaufbau beteiligt sein.

Acker- Garten- und Weinbau

Äcker

Intensiväcker werden nicht näher untergliedert.

Nicht intensiv genutzte, oft nur periodisch umgebrochene Flächen, die nicht oder kaum mit Herbiziden behandelt oder gedüngt werden, sind für den Naturschutz von großer Bedeutung. Sie enthalten nicht selten eine reiche Acker-Wildkrautflora mit gefährdeten Arten. Die in Brandenburg gegenwärtig reichlich vorhandenen Brachflächen bieten diesen Pflanzenarten sowie zahlreichen Tierarten neue Lebensräume.

Ein genereller gesetzlicher Schutz besteht nicht.

Ackerbrache

Im Land Brandenburg werden zusätzlich Ackerbrachen unterschieden. In Sachsen- Anhalt fallen Ackerbrache unter den Biotoptyp Acker, undifferenziert (AAu). Bei älteren Dauerbrachen kann eine Einordnung in die Kartiereinheit Krautige Vegetation erfolgen. Ackerbrachen weisen je nach Bodentyp und Dauer der Nutzungsauflassung eine mehr oder weniger reichhaltige Tier- und Pflanzenwelt auf. Der momentane Zustand wird sich jedoch mit Sicherheit wieder in Richtung einer Wiedereinrichtung zahlreicher Flächen bewegen.

Gärten und Gartenbrachen, Grabeland

Bewirtschaftete oder brachliegende, nutzungsbedingt sehr verschieden gestaltete Flächen zur Obst- und Gemüseproduktion.

Anthropogen geprägte Biotope

In dieser Biotopklasse, deren Biotoptypen im Rahmen der selektiven Biotopkartierung in der Regel nur als Nachbarbiotope angegeben werden, sind alle stark durch menschliche Tätigkeit geprägten Lebensräume unterschiedlicher Struktur zusammengefasst.

Vegetationsfreie Fläche

Der Bestimmungsschlüssel von Sachsen- Anhalt definiert als vegetationsfreie Fläche Rohboden- und/oder Felsflächen, die zu höchstens 50 % mit lockerer bzw. vereinzelter Vegetation bestanden sind. Hierbei werden naturnahe und anthropogen beeinflusste Flächen unterschieden.

Anlage 4.2: Übersicht der Biotop- und Nutzungsausstattung der Polder

	Warnau	**Havelberg**	**Kümmernitz**	**Vehlgast**
Gewässer	Graben Altwasser/Altarm Staugewässer Kanal Abgrabungsgewässer	Bach, stark begradigt, Ufer bedingt naturnah, mit und ohne Schwimmblattvegetation Sonstiges Kleingewässer, Ufer weitgehend naturnah Abgrabungsgewässer, Ufer bedingt naturnah Sonstiges Stillgewässer, Ufer bedingt bis weitgehend naturnah, kein Anschluss an Fließgewässer, z. T. vereinzelte Schwimmblattvegetation, mäßige Schwimmblattvegetation Staugewässer, Ufer bedingt naturnah, ohne Schwimmblattvegetation, kein An-		Abgrabungsgewässer, Ufer bedingt naturnah, dichte Schwimmblattvegetation Sonstiges Stillgewässer, Ufer bedingt naturnah, dichte Schwimmblattvegetation, kein Anschluss an Fließgewässer

		schluss an Fließgewässer		
Krautige Vegetation	Wildgrasflur, Verbuschung mäßig, mit Hochstauden, Einzelbüsche/Bäume Flachmoor/Sumpf, Röhricht/feucht, Röhricht/im Wasser Feucht-/Nassgrünland, z. T. mit Röhricht mesophiles Grünland, z. T. mit Hochstauden Intensivgrasland Aufgelassenes Grasland Feuchtwiesen und Feuchtweiden Flutrasen, z. T. mit Röhricht, mit Einzelbüschen/Bäume Sandmagerrasen, z. T. Einzelbüsche/Bäume Staudenflur, feucht/nass, z. T. Einzelbüsche/Bäume, Verbuschung mäßig, Röhricht Staudenflur, frisch, z. T. mit Einzelbüschen/Bäumen Staudenflur, trocken	Wildgrasflur z. T. mit Hochstauden Flachmoor/Sumpf, Röhrichtfläche, z. T. feucht, Verbuschung mäßig Feucht-/Nassgrünland, z. T. mit Hochstauden, mit Röhricht, mit Einzelbüsche/Bäume, mit Seggen und Binsen Artenarmes Intensivgrünland mesophiles Grünland Tritt-/Park,/Zierrasen Flutrasen Sandmagerrasen Staudenflur, feucht/nass, z. T. mit Röhricht Staudenflur, frisch, z. T. mit Einzelbüschen/Bäumen, mit Röhricht Staudenflur, Schlagflur, z. T. Verbuschung dicht, mit Röhricht, Verbuschung mäßig	Wildgrasflur z. T. Verbuschung mäßig, mit Hochstauden, Einzelbüsche/Bäume Flachmoor/Sumpf, Röhrichtfläche, im Wasser, Einzelbüsche/Bäume Flachmoor/Sumpf, Röhrichtgürtel Grünland, Feucht-/Nassgrünland artenarmes Intensivgrünland mesophiles Grünland Grünland, Flutrasen, mit Seggen und Binsen Staudenflur, feucht/nass, z. T. Einzelbüsche/Bäume, Verbuschung mäßig, mit Röhricht Staudenflur, frisch, z. T. Einzelbüsche/Bäume, Verbuschung mäßig Schlagflur, z. T. Verbuschung mäßig	Wildgrasflur z. T. mit Einzelbüschen/Bäumen, Verbuschung mäßig, mit Hochstauden Flachmoor/Sumpf, Röhrichtfläche z. T. mit Einzelbüschen/Bäumen Flachmoor/Sumpf, Röhrichtgürtel Feucht-/Nassgrünland z. T. mit Einzelbüschen/Bäumen, mit Seggen und Binsen Artenarmes Intensivgrünland, z. T. Einzelbüsche/Bäume mesophiles Grünland, z. T. mit Hochstauden, Einzelbüsche/Bäume Sandmagerrasen Staudenflur, feucht/nass z. T. Einzelbüsche/Bäume, Verbuschung mäßig, mit Röhricht Staudenflur frisch z. T. Einzelbüsche/Bäume Schlagflur
Gehölze	Baumgruppe Laubbaumbestand, Mischbestand, Nadelbaumbestand und Nadelmischbestand Hecke, Gebüsch/Reihe m. Bäumen, Laubmischbestand Baumreihe, Laubbaumbestand, Laubmischbestand	Baumgruppe, Laubbaumbestand und Laubmischbestand Baumreihe, einzeln lückig oder mehrreihig geschlossen Laubbaumbestand Hecke, geschlossen mit und ohne Bäume, Laubmischbestand, Laubbaumbestand Gebüsch, mit oder ohne Bäume, Laubbaumbestand oder Laubmischbestand	Baumgruppe, Mischbestand und Laubmischbestand Gebüsch, mit Bäumen, Laubmischbestand	Baumgruppe, Laubbaumbestand, Laubmischbestand und Mischbestand Hecke, Gebüschreihe lückig mit Bäumen, Laubmischbestand Baumreihe, mehrreihig, Laubmischbestand Streuobstwiese, locker, Unterwuchs Acker/Gartenbau Streuobstwiese, locker, Einzelbüsche, Unterwuchs undifferenziert Gebüsch, mit Bäumen, Laubmischbestand
Wälder	Nadelwald-Reinbestand, Kiefer Laubmischwald	Auwald, Hartholzaue Bruch/Sumpfwald Laubwald-Reinbestand, Eiche/Pappel Mischwald, Aufforstung-Jungwuchs Nadelwald-Reinbestand, Fichte/Lärche Laubmischwald, Eiche/Pappel	Nadelmischwald Bruch-, Sumpfwald, z. T. Windbruch Laubwald-Reinbestand, Erle/Eiche/Pappel Mischwald, Erle/Eiche/Lärche/Buche Nadelwald-Reinbestand, z. T. Aufforstung, Douglasie/Fichte/Kiefer/Lärche Laubmischwald, Birke/Erle/Eiche/Pappel/Esche/Buche	Auwald, Hartholzaue Bruch/Sumpfwald z. T. Eiche Nadelmischwald Laubwald- Reinbestand, Pappel Mischwald, z. T. Aufforstung- Jungwuchs Nadelwald- Reinbestand, z. T. Kiefer Laubmischwald, z. T. Aufforstung, Birke/Erle/Eiche/Pappel/Esche/Edellaubholz
Acker-, Garten- und Weinbau	Acker Erwerbsgartenbau, Obstplantage Hochstamm/Mittelstamm	Acker	Acker	Acker
Besiedelter Bereich	Grünfläche, Kleingartenanlage/Bungalowbebauung und Freizeit, Sport, Camping			Grünfläche, Friedhof und Kleingartenanlage/Bungalowbebauung
Vegetationsfreie Fläche		anthropogen, vegetationslos, Feinsubstrat undiff./Kohle		anthropogen, vegetationslos

	Twerl-Schafhorst	**Großer Graben**	**Flöthgraben**	**Neuzelle**
Gewässer	Fließgewässer: Quellen und Quellfluren sowie begradigte und weitgehend verbaute Bäche Standgewässer: Kleingewässer, Teiche	Fließgewässer: Kanäle, Fließstrecken Standgewässer: Seen (>5m Wassertiefe), Staugewässer/Kleinspeicher, Teiche	Standgewässer: Altarme von Fließgewässern, Staugewässer/Kleinspeicher	Fließgewässer Quellen und Quellfluren Langsam fließende Flüsse und Ströme Kanäle und Fließstrecken Gräben Standgewässer Seen (>5m) Altarme von Fließgewässern Kleingewässer (Sölle, Kolke, Pfuhle etc. , < 1 ha) Schwimmblattgesellschaften an Stillgewässern Röhrichtpflanzen an Stillgewässern Teiche
Krautige Vegetation	Feuchtwiesen und Feuchtweiden Frischwiesen und Frischweiden Wechselfeuchtes Auengrünland Aufgelassenes Grasland Staudenfluren und- säume Intensivgrasland	Feuchtwiesen und Feuchtweiden Frischwiesen und Frischweiden Wechselfeuchtes Auengrünland Aufgelassenes Grasland Staudenfluren und- säume Intensivgrasland	Feuchtwiesen und Feuchtweiden Frischwiesen und Frischweiden Wechselfeuchtes Auengrünland Aufgelassenes Grasland Staudenfluren- und säume mesophiles Grünland Staudenflur frisch Feucht-/Nassgrünland z. T. mit Röhricht, mit Seggen und Binsen	Feuchtwiesen und Feuchtweiden Arme und reiche Feuchtwiese Großseggenwiesen (Streuwiesen) Wechselfeuchtes Auengrünland Frischwiesen und Frischweiden Aufgelassenes Grasland, feuchter Standorte (einschließlich Landröhrichte), trockener Standorte Staudenfluren und- säume Hochstaudenfluren feuchter bis nasser Standorte Intensivgrasland Moore Seggen- und Röhrichtmoore (Niedermoor)
Gehölze	Flächige Laubgebüsche Feldgehölze	Flächige Laubgebüsche Feldgehölze	Weidengebüsche nasser Standorte Feldgehölze	Flächige Laubgebüsche, Laubgebüsche frischer Standorte Weidengebüsche nasser Standorte Feldgehölze Hecken und Windschutzstreifen Alleen: mehr oder weniger geschlossen und in gesundem Zustand, überwiegend heimische Baumarten Baumreihen: mehr oder weniger geschlossen u. in gesundem Zustand, überwiegend heimische Baumarten Alte Solitärbäume und Baumgruppen Kopfbaumreihe Flächige, alte Obstbestände (Streuobstwiesen)
Wälder	Rodungen und frische Aufforstung Vorwälder Laubholzforsten (naturnahe Forsten u. Sukzession mit nichtheimischen Holzarten) Eiche/Birke	Moor- und Bruchwälder Rodungen und frische Aufforstungen Vorwälder Laubholzforsten (naturfern): Esche, Robinie/Pappel, Buche/Eiche/Eiche, E-	Rodungen und frische Aufforstungen Laubholzforsten (naturfern): Esche, Buche/Esche, Robinie/Eiche, Buche/Eiche, Esche, Buche/Eiche,	Pappel- Weiden- Weichholzauenwälder Stieleichen- Ulmen- Hartholzauenwälder Rodungen und frische Aufforstung Vorwälder

	Laubholzforsten mit Nadelholzarten, Eiche Nadelholzforsten, naturfern, Kiefer Nadelholzforsten mit Laubholzarten, Kiefer/Birke	sche/Eiche, Esche, Buche/Pappe/Birke, Eiche, Esche Nadelholzforsten (naturfern): Kiefer/Kiefer, Eiche Laubholzforsten mit Nadelholzarten: Eiche/Kiefer, Esche, Eiche	Esche, Robinie/Eiche, Pappel, Buche/Eiche, Pappel, Robinie/Eiche, Birke, Esche, Robinie/Eiche, Birke, Pappel, Robinie/Birke, Esche, Robinie/Erle Nadelholzforsten (naturfern): Lärche/Fichte/Kiefer/Douglasie Laubholzforsten mit Nadelholzarten (naturfern) Kiefer/Birke/Fichte/Kiefer/Laubmischwald, Eiche	Laubholzforsten (naturferne Forsten und Sukzessionen mit nichtheimischen Holzarten), Eiche, Birke Robinie, Pappel, Esche, Buche; NB: Esche, Robinie, Esche, Buche Nadelholzforsten mit Laubholzarten, Kiefer
Acker-, Garten- und Weinbau	Intensivacker Ackerbrache Acker-, Garten-, Weinbau Gärten und Gartenbrachen, Grabeland	Intensivacker Ackerbrache Gärten und Gartenbrachen, Grabeland	Intensivacker Ackerbrache Gärten und Gartenbrachen, Grabeland	Intensivacker Ackerbrache Gärten und Gartenbrachen, Grabeland
Besiedelter Bereich				Einzel- oder Reihenhaussiedlung, Kleinsiedlung Dorfgebiete, Dorfkerne Parkanlagen Kleingartenanlage in Siedlungen ohne großflächiger Bebauung Sportplätze, Spielplätze, Ferienlager Gewerbe-, Handel-, Dienstleistungsflächen Landwirtschaftliche Betriebsstandorte Parkplätze Gleisanlagen Bauflächen, Lagerfläche, Sonderfläche, Ruinen
Vegetationsfreie Fläche	Anthropogen genutzte Sonderfläche	Landwirtschaftliche Betriebsstandorte Anthropogen genutzte Sonderflächen Lagerflächen Ablassstelle, Güllebecken, Spülbecken	Lagerfläche	

Anlage 6.1: Fließtiefenmodelle für die untersuchten Fließtiefen am Bezugspunkt

